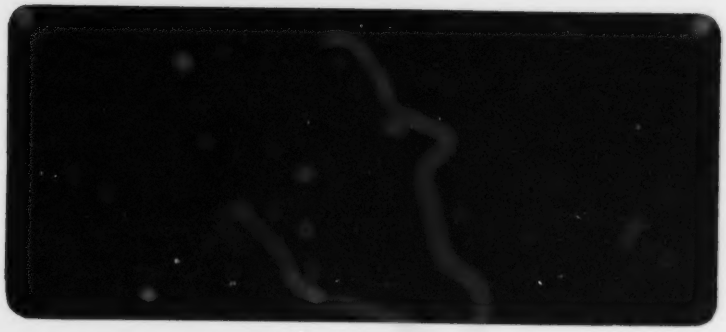
PROGRAMME ZONES
d'INTÉRÊT
PRIORITAIRE

PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT
ST. LAWRENCE ACTION PLAN

Canada

Québec



92-05732/

SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES SUR LES ASPECTS PHYSIQUES ET CHIMIQUES DE L'EAU ET DES SÉDIMENTS DU LAC SAINT-PIERRE

Rapport technique
Zone d'intérêt prioritaire n° 11

Aline Sylvestre, Louise Champoux et Daniel Leclair
Groupe de travail sur les zones d'intérêt prioritaire

Centre Saint-Laurent
Conservation et Protection
Environnement Canada

Janvier 1992

Publié avec l'autorisation du ministre de l'Environnement
©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1991
N° de cat. : En40-403/1991F
ISBN 0-662-96735-6

PERSPECTIVE DE GESTION

Le programme Zones d'intérêt prioritaire (ZIP) représente une approche innovatrice en matière de traitement de l'information scientifique à des fins de gestion. La réalisation des rapports techniques par les membres du Groupe de travail ZIP du Centre Saint-Laurent constitue la pierre angulaire de cette démarche.

La méthode de cueillette et d'analyse des données existantes à l'échelle locale est une première pour l'ensemble du fleuve Saint-Laurent. Les rapports techniques vont plus loin encore, en proposant un diagnostic sur l'état actuel d'une ZIP, à partir de critères de qualité objectifs et reconnus.

Le défi consiste donc à poser un jugement scientifique fondé sur l'information disponible. Les embûches sont nombreuses : les données ont été recueillies à d'autres fins, la couverture spatiale ou temporelle n'est pas idéale, les méthodes d'analyse chimique ne sont pas uniformes, etc.

Malgré cela, le Groupe de travail ZIP est convaincu qu'il est possible de poser, sans plus attendre, un regard éclairé et prudent sur chaque ZIP. Cette première évaluation constitue donc un point de départ et un document de base, rédigé à l'intention des partenaires riverains de chaque zone d'intérêt prioritaire, qui permettra un choix judicieux des mesures à prendre.

MANAGEMENT PERSPECTIVE

The Zones of Prime Concern (ZIP) program is an innovation in the field of data processing for management purposes. The completion of technical reports by the ZIP work group staff of the St. Lawrence Centre constitutes the cornerstone of this innovation.

The method of collecting and analysing existing data, on a local scale, has never before been used for the entire St. Lawrence River. The technical reports go further and propose a diagnosis of the present state of the ZIP, using objective and recognized quality criteria.

The challenge, then, consists in establishing a scientific opinion based on the available information. The pitfalls are numerous: the data were collected for other purposes, the spatial or temporal cover is not ideal, the methods of chemical analysis are not uniform, etc.

Despite everything, the ZIP work group is convinced that it is possible to establish, without further delay, an enlightened and prudent view of each ZIP. This first evaluation constitutes a starting point and a document basis for directing activity, and was written for the benefit of riverside partners of each Zone of Prime Concern.

RÉSUMÉ

Le lac Saint-Pierre se présente comme un élargissement du fleuve Saint-Laurent entre Sorel et Trois-Rivières. Deux grandes masses d'eau y coulent côte à côte : au nord, les eaux de la rivière des Outaouais mélangées à celles de la rivière L'Assomption, et au sud, les eaux des Grands Lacs. Du point de vue sédimentologique, c'est un des secteurs les plus actifs du fleuve, à cause des apports des rivières Richelieu, Saint-François et Yamaska. Ces dernières contribuent aussi à la charge de nombreux polluants. C'est aussi le cas pour les industries de Sorel-Tracy, principalement QIT-Fer et Titane inc., Tioxide Canada inc. et Aciers Inoxydables Atlas, div. de Sammi-Atlas inc. Les contaminants présents dans le milieu sont de nature variée : bactéries et substances toxiques (organiques et inorganiques). On retrouve, par exemple, à différentes stations du lac Saint-Pierre des bactéries comme les coliformes fécaux qui peuvent servir d'indicateurs pour d'autres bactéries pathogènes, des métaux (arsenic, chrome, cuivre, fer, mercure, nickel, plomb, zinc), des organochlorés (BPC, trichlorofluorométhane, trichloroéthylène, chloroforme), des pesticides (DDE, DDT, dieldrine) ou des hydrocarbures aromatiques polycycliques. La présence de ces substances dans l'eau et(ou) les sédiments du lac Saint-Pierre limite des usages comme la baignade, présente un risque pour d'autres, telle la consommation d'organismes aquatiques, et constitue une menace pour la survie d'espèces aquatiques.

ABSTRACT

Lake Saint-Pierre appears to be a widening of the St. Lawrence River between Sorel and Trois-Rivières. Two large bodies of water converge: to the north, the Ottawa River merged with the L'Assomption River, and to the south, the Great Lakes. From a sedimentologic viewpoint, it is one of the most active sector of the river, due to the input of the Richelieu, Saint-François, and Yamaska rivers. These last rivers contribute equally to the load of numerous pollutants. This also applies to the Sorel-Tracy industries, principally QIT-Fer and Titane Inc., Tioxide Canada Inc., and Aciers Inoxydables Atlas, Div. of Sammi-Atlas Inc. Pollutants found in the area are bacteria and toxics (organic and inorganic). Sampling of different stations in Lake Saint-Pierre showed that bacteria like fecal coliforms, which can be used as indicators for other pathogens, metals (arsenic, chromium, copper, iron, lead, mercury, nickel, zinc), chlorinated organic compounds (PCBs, trichlorofluoromethane, trichloroetylene, chloroform), pesticides (DDE, DDT, dieldrin) and/or polycyclic aromatic hydrocarbons were present in the water and/or the sediments, limiting some uses (such as bathing), threatening others (e.g. the eating of aquatic organisms), and endangering the survival of aquatic species.

REMERCIEMENTS

L'équipe «physico-chimie» tient à remercier Alain Lamarche, Marcelle Grenier et Isabelle Goulet, au Centre Saint-Laurent, pour le support et les conseils en informatique, télédétection et géomatique, respectivement.

Nous tenons à souligner l'excellente collaboration de Marc Charest, John Cree, Sharron Forrest et André Germain en ce qui a trait aux données de qualité de l'eau de la base NAQUADAT.

Pour les apports toxiques, nous adressons nos remerciements à Paul Boudreau et Bernard Leblanc, de la firme Asseau, et le personnel de la Direction de l'assainissement des industries de transformation secondaire du ministère de l'Environnement du Québec (MENVIQ).

De l'Équipe d'intervention Saint-Laurent, mentionnons Pierre Terrault, Gaétan Duchesneau, Élie Fédida, Richard Trottier et François Rocheleau pour leur précieuse collaboration, ainsi que Francine Richard, du Service d'évaluation des rejets toxiques du MENVIQ.

Les données sur les coliformes fécaux nous ont été transmises par Didier Bicchie de la Direction des orientations et des services aux régions (MENVIQ) et par Sylvain Primeau de la Direction de la qualité des cours d'eaux (MENVIQ).

Les informations concernant les critères de qualité de l'eau et leur utilisation nous ont été généreusement fournies par Thérèse Roussel et Isabelle Guay du Service d'évaluation des rejets toxiques du MENVIQ.

Nous remercions également, au Centre Saint-Laurent, Ken Lum et Claude Langlois pour la révision scientifique et Michèle Létienne-Prévost pour la révision et la mise en page du texte.

Nous voulons aussi témoigner notre gratitude à Pierre Bilodeau à la Direction de la qualité des cours d'eau du MENVIQ, à Benoit Soucy à la Direction régionale de la Mauricie et des Bois-Francs, à Lise Parent de l'Équipe d'intervention Saint-Laurent et à Louis Désilets au ministère des Pêches et Océans pour leurs commentaires lors de la révision finale du texte.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ		v
ABSTRACT		vi
REMERCIEMENTS		vii
LISTE DES TABLEAUX		xi
LISTE DES FIGURES		xiii
1	INTRODUCTION	1
2	DESCRIPTION PHYSIQUE DE LA ZONE D'INTÉRÊT PRIORITAIRE	3
2.1	Physiographie du bassin versant	3
2.1.1	Le fleuve Saint-Laurent	3
2.1.2	Le lac Saint-Pierre	5
2.2	Hydrologie et hydrodynamique	7
2.3	Sédimentologie	10
2.4	Nature des sédiments de fond	12
2.4.1	Granulométrie	12
2.4.2	Minéralogie	14
3	LES SOURCES DE POLLUTION	18
3.1	Les sources ponctuelles	18
3.1.1	Rejets municipaux	18
3.1.2	Rejets industriels	19
3.1.2.1	Entreprises visées par le PASL	19
3.1.2.2	Industries visées par le Programme de réduction des rejets industriels (PRRI)	25
3.1.3	Tributaires	30
3.1.4	Apport fluvial	37
3.2	Les sources diffuses	37
4	CARACTÉRISATION DE LA QUALITÉ DE LA ZONE D'INTÉRÊT PRIORITAIRE	39
4.1	Qualité de l'eau	39
4.1.1	Description générale de l'eau	39
4.1.1.1	Description des données	39
4.1.1.2	Qualité générale de l'eau	39
4.1.1.3	Eutrophisation	42

4.1.1.4	Masses d'eau	42
4.1.1.5	Variations saisonnières	44
4.1.1.6	Tendances à long terme	46
4.1.2	Comparaison avec les critères de qualité de l'eau	49
4.1.2.1	Critères de qualité	49
4.1.2.2	Dépassement des critères de qualité	53
4.1.3	Répartition de la contamination	73
4.2	Qualité des sédiments	73
4.2.1	Description générale	73
4.2.2	Comparaison avec les critères de qualité des sédiments	82
4.2.3	Répartition des sites contaminés	84
5	DIAGNOSTIC DE L'ÉTAT DE DÉTÉRIORATION DE LA ZONE D'INTÉRÊT PRIORITAIRE	89
5.1	Pertes d'usages	89
5.2	Principales sources et substances	92
RÉFÉRENCES		96

LISTE DES TABLEAUX

1	Contribution des tributaires au débit du fleuve Saint-Laurent au lac Saint-Pierre	8
2	Statistiques descriptives de la granulométrie des sédiments du lac Saint-Pierre	13
3	Statistiques descriptives des teneurs en principaux éléments des sédiments du lac Saint-Pierre	16
4	Estimations des rejets de zinc, cuivre et plomb par les municipalités riveraines du lac Saint-Pierre	20
5	Concentrations moyennes des principaux contaminants rejetés par trois industries du lac Saint-Pierre	24
6	Description des usines du lac Saint-Pierre visées par le PRRI seulement	27
7	Distribution des industries par secteur et par tributaire du lac Saint-Pierre	33
8	Concentrations des pesticides dans les rivières Yamaska et Saint-François (1987-1988)	35
9	Estimation des charges annuelles (1986) en métaux pour le transect de Lanoraie	38
10	Période d'exploitation des stations d'échantillonnage de l'eau au lac Saint-Pierre	40
11	Variations saisonnières (A) et tendances à long terme (B) de certains paramètres de qualité de l'eau du lac Saint-Pierre	47
12	Liste des substances prioritaires et critères de qualité d'eau douce pour divers usages de l'eau	50
13	Valeurs moyennes des paramètres classiques dans les ZIP du lac Saint-Pierre de 1978 à 1989	54
14	Variations spatio-temporelles des concentrations de coliformes fécaux aux stations NAQUADAT du lac Saint-Pierre durant l'année 1986	58

15	Fréquences de détection (%) des BPC et des pesticides organochlorés mesurés selon les techniques conventionnelles et à grand volume (fractions dissoute, particulaire et totale) dans le fleuve Saint-Laurent	67
16	Concentrations de pesticides organochlorés mesurées en 1986 dans le lac Saint-Pierre selon deux techniques à grand volume	69
17	Concentrations de BPC dans les fractions dissoutes et particulaires au lac Saint-Pierre (1985-1987)	71
18	Synthèse des fréquences de dépassement supérieures à 40 p. 100 pour l'ensemble des valeurs disponibles entre 1978 et 1988	74
19	Statistiques descriptives des teneurs (mg/kg) en contaminants des sédiments du lac Saint-Pierre	75
20	Pourcentages de détection et de dépassement des critères de qualité des sédiments pour les contaminants au lac Saint-Pierre	83
21	Indices de contamination des sédiments du lac Saint-Pierre, calculés d'après les critères du MEO (1979) pour le dépôt de résidus de dragage en eau libre	85
22	Pertes d'usages dans la ZIP du lac Saint-Pierre et liste des paramètres responsables	90
23	Identification des sources de pollution pour les paramètres toxiques de la ZIP du lac Saint-Pierre	93
24	Cotes de toxicité pour les différents produits chimiques étudiés	95

LISTE DES FIGURES

1	Bassin versant du fleuve Saint-Laurent	4
2	Lac Saint-Pierre	6
3	Bilan sédimentaire de la région de Trois-Rivières	11
4	Nature des sédiments prélevés à 100 stations du lac Saint-Pierre selon trois classes établies à partir des médianes des ϕ (1986)	15
5	Estimation des charges journalières des principaux contaminants rejetés par trois industries du lac Saint-Pierre (1990)	22
6	Panaches des rejets industriels de QIT-Fer et Titane et Tioxide Canada (1990)	26
7	Charges journalières (kg/d) estimées pour les principaux tributaires du lac Saint-Pierre (1985-1986)	32
8	Variations des teneurs en 2,4-DP et en atrazine des rivières Saint-François et Yamaska (1987-1988)	36
9	Localisation des stations d'échantillonnage de qualité de l'eau du lac Saint-Pierre	41
10	Distribution des groupes homogènes de stations pour la conductivité d'après le modèle de El-Shaarawi et Shah (1978)	43
11	Coupe transversale des teneurs en sulfates du fleuve Saint-Laurent au niveau de Lanoraie	45
12	Variations temporelles des teneurs en coliformes fécaux des tributaires et aux prises d'eau du fleuve Saint-Laurent (1989-1990)	57
13	Variations spatio-temporelles des teneurs en chrome du lac Saint-Pierre en 1987	62
14	Variations spatio-temporelles des teneurs en plomb du lac Saint-Pierre en 1987	64
15	Variations spatio-temporelles des teneurs en fer du lac Saint-Pierre en 1987	65

16	Teneurs des sédiments du lac Saint-Pierre en cuivre et en mercure (1986)	77
17	Teneurs des sédiments du lac Saint-Pierre en BPC, HCB et en pp'-DDE (1986)	79
18	Teneurs des sédiments du lac Saint-Pierre en benzo(*a*)pyrène et en HAP (1986)	81
19	Indices de contamination des sédiments du lac Saint-Pierre (1986)	86

1 INTRODUCTION

Le Plan d'action Saint-Laurent (PASL), une initiative d'Environnement Canada, vise à protéger, conserver et restaurer la qualité des eaux du fleuve Saint-Laurent. Pour ce faire, une entente (Entente d'harmonisation et de concertation pour la dépollution, la protection, la restauration et la conservation du fleuve Saint-Laurent) a été signée en juin 1989 avec les ministres de l'Environnement du Québec et du Loisir, de la Chasse et de la Pêche.

Le Plan comprend quatre volets :

a) le volet Protection, dont le principal objectif est la réduction d'ici 1993 de 90 p. 100 des rejets liquides toxiques déversés dans le fleuve par les 50 industries les plus polluantes du Saint-Laurent;

b) le volet Développement de technologies et d'une industrie environnementale;

c) le volet Restauration des sites fédéraux;

d) et le volet Conservation qui s'intéresse à la sauvegarde des habitats et des espèces menacées et devra faire le point sur l'état de l'environnement.

Dans le but de coordonner les efforts d'identification des ressources à protéger, des usages à récupérer et des sources de pollution, de procéder à des consultations publiques et, éventuellement, de générer ou d'accentuer des interventions locales, des zones d'intérêt prioritaire (ZIP) ont été créées.

En avril 1990, le programme ZIP débutait au Centre Saint-Laurent par la mise en place d'un groupe de travail chargé de produire, pour chacune des zones, trois rapports techniques traitant des aspects physico-chimiques, biologiques et socio-économiques. Faisant suite à ces rapports, un effort d'intégration sera déployé, et l'information sera synthétisée en un seul document qui servira de référence pour la consultation publique. Finalement, les résultats de tout l'exercice seront compilés dans un rapport-bilan.

Le présent rapport se veut un tour d'horizon des aspects physico-chimiques de l'eau et des sédiments du lac Saint-Pierre. Après une description générale du milieu physique, les diverses sources de pollution municipales, industrielles, en provenance des tributaires et diffuses seront décrites, et les apports, estimés.

Ensuite, les résultats des études existantes sur le lac Saint-Pierre seront comparés aux critères de qualité de l'eau du ministère de l'Environnement du Québec (MENVIQ) et aux critères de qualité des sédiments du ministère de l'Environnement de l'Ontario (MEO), ceci, afin d'identifier la nature et l'étendue de la contamination. Cet exercice mène à l'identification des pertes potentielles d'usages pour les utilisateurs du milieu.

Les efforts porteront surtout sur l'identification de problèmes environnementaux résultant de la présence de substances toxiques. Pour ce faire, nous utiliserons comme point de départ les substances prioritaires retenues par la section Apports toxiques du Centre Saint-Laurent (CSL). Nous traiterons également d'autres aspects de la qualité de l'eau tels que l'identification du stade trophique de plans d'eau, la détermination des tendances à long terme et des variations saisonnières des paramètres classiques, la description de la qualité bactériologique et, à l'occasion, d'autres substances toxiques.

Les conclusions émises devront être confrontées avec les résultats des rapports techniques traitant des aspects biologiques et socio-économiques, afin de donner une image réelle et complète de la santé environnementale du lac Saint-Pierre.

2 DESCRIPTION PHYSIQUE DE LA ZONE D'INTÉRÊT PRIORITAIRE

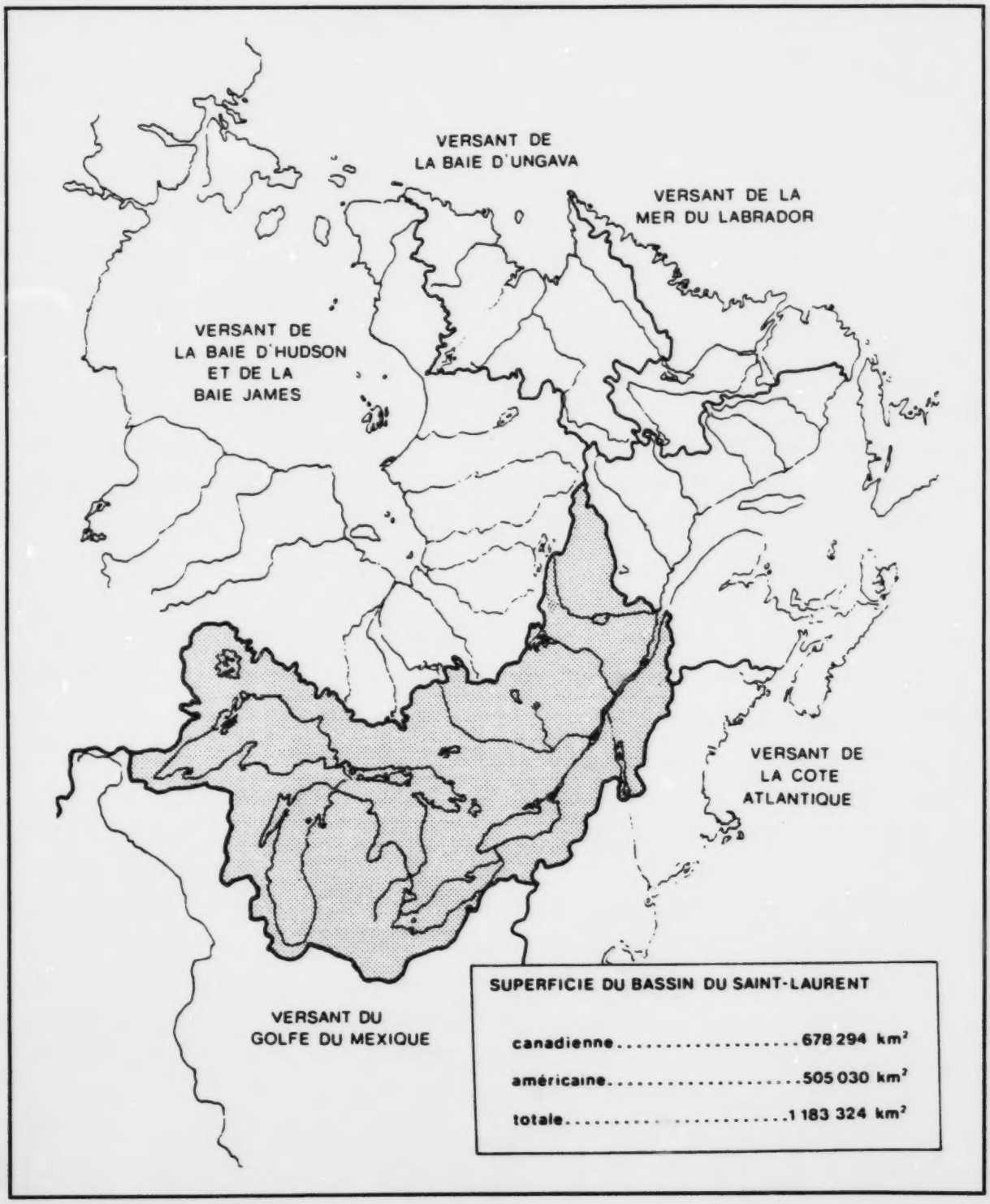
2.1 Physiographie du bassin versant

2.1.1 Le fleuve Saint-Laurent. - Le bassin de drainage du fleuve Saint-Laurent est limité par ceux des nombreux fleuves se déversant dans la mer du Labrador, la baie d'Ungava, la baie James, le golfe du Mexique et l'océan Atlantique (figure 1). D'une superficie totale de 1 235 000 km^2, ce bassin s'étend sur 730 000 km^2 (59 p. 100) au Canada et 505 000 km^2 (41 p. 100) aux États-Unis (Germain et Janson, 1984; Frenette *et al.*, 1989).

Les basses-terres de la vallée du Saint-Laurent sont formées de roches sédimentaires, recouvertes de dépôts d'argile marine laissés par le retrait de la mer de Champlain. Elles sont bordées, au nord, par le bouclier laurentidien, constitué de roches cristallines âgées de 600 millions à quatre milliards d'années et, au sud, par les Appalaches, composées de roches sédimentaires déformées datant de plusieurs millions d'années.

Le fleuve Saint-Laurent n'a atteint son état actuel que depuis environ 5000 ans. Les glaciations successives et les effets combinés de leurs retraits et progressions ont laissé derrière elles les Grands Lacs, les vallées fluvio-glaciaires et de nombreux plateaux parsemés de lacs. Le fleuve a creusé son lit dans les dépôts quaternaires, les érodant graduellement avec le relèvement isostatique. Le réseau hydrographique actuel du fleuve reflète ces événements.

Ce réseau de même que le bassin de drainage se divisent en trois grandes régions : les Grands Lacs, le fleuve proprement dit et la région maritime. Cette dernière constituant le golfe Saint-Laurent, seules les deux premières régions seront considérées ici. Soixante pour cent du bassin versant total du fleuve (765 000 km^2) alimentent le système des Grands Lacs; ces derniers s'étendent sur 250 000 km^2 et contiennent 42 500 km^3 d'eau, soit la plus grande réserve d'eau douce au monde. Le fleuve proprement dit, du lac Ontario au golfe, coule sur près de 750 km et draine 40 p. 100 (470 000 km^2) du bassin versant total (Frenette *et al.*, 1989). Il comporte un tronçon fluvial, qui s'étend de Kingston, à la sortie du lac Ontario, à Trois-Rivières, et un tronçon estuarien, de Trois-Rivières à Pointe-des-



Source : Germain et Janson, 1984.

Figure 1 Bassin versant du fleuve Saint-Laurent

Monts. Ce dernier ne sera pas discuté ici, notre attention se portant sur le tronçon fluvial.

Le fleuve Saint-Laurent comporte de nombreux tributaires, les plus importants en terme de superficie du bassin versant étant la rivière des Outaouais et la rivière Saguenay.

Alors que la première partie du tronçon fluvial constitue un secteur de rapides, aujourd'hui contrôlé par une série de barrages, la section de Montréal à Trois-Rivières présente un caractère fluvial. L'écoulement y est plus lent et on y rencontre de nombreuses îles et élargissements. Le lac Saint-Pierre, avec le secteur des îles de Sorel, constitue un de ces plans d'eau et la zone d'étude du présent rapport.

2.1.2 Le lac Saint-Pierre. - Au coeur des basses-terres du Saint-Laurent, la plaine de Trois-Rivières, qui s'étend sur 24 km sur la rive nord et 80 km sur la rive sud, constitue le bassin immédiat du lac Saint-Pierre. Celui-ci recoit les eaux de plusieurs tributaires, les plus importants étant les rivières Richelieu, Saint-François et Yamaska sur la rive sud. Son bassin de drainage englobe l'ensemble des Grands Lacs et l'amont du fleuve, soit une superficie d'environ 1 000 000 km^2.

Dernier élargissement majeur du fleuve Saint-Laurent avant l'estuaire, le lac Saint-Pierre (figure 2), qui s'étend approximativement de Tracy à la rivière Nicolet, est subdivisé en deux zones. La partie amont du lac comporte une multitude d'îles, dont certaines sont des îles artificielles aménagées pour contrôler le mouvement des glaces. Ces îles ont été formées à partir des matériaux dragués lors du creusage de la voie maritime (Germain et Janson, 1984). La partie aval du lac, qui s'étend des embouchures des rivières Maskinongé et Yamaska jusqu'à celle de la rivière Nicolet, a une profondeur généralement inférieure à 3 m, sauf dans la voie maritime, qui passe environ au centre du lac et où la profondeur moyenne est d'environ 11 m (Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent, 1978). Son lit, principalement constitué de dépôts d'argile marine caractéristiques des basses-terres de la vallée du Saint-Laurent, est parsemé de zones de sédiments fins, de sable, de gravier et d'affleurements rocheux. La partie sud du lac est une zone de tir sous la juridiction de la base militaire de Nicolet.

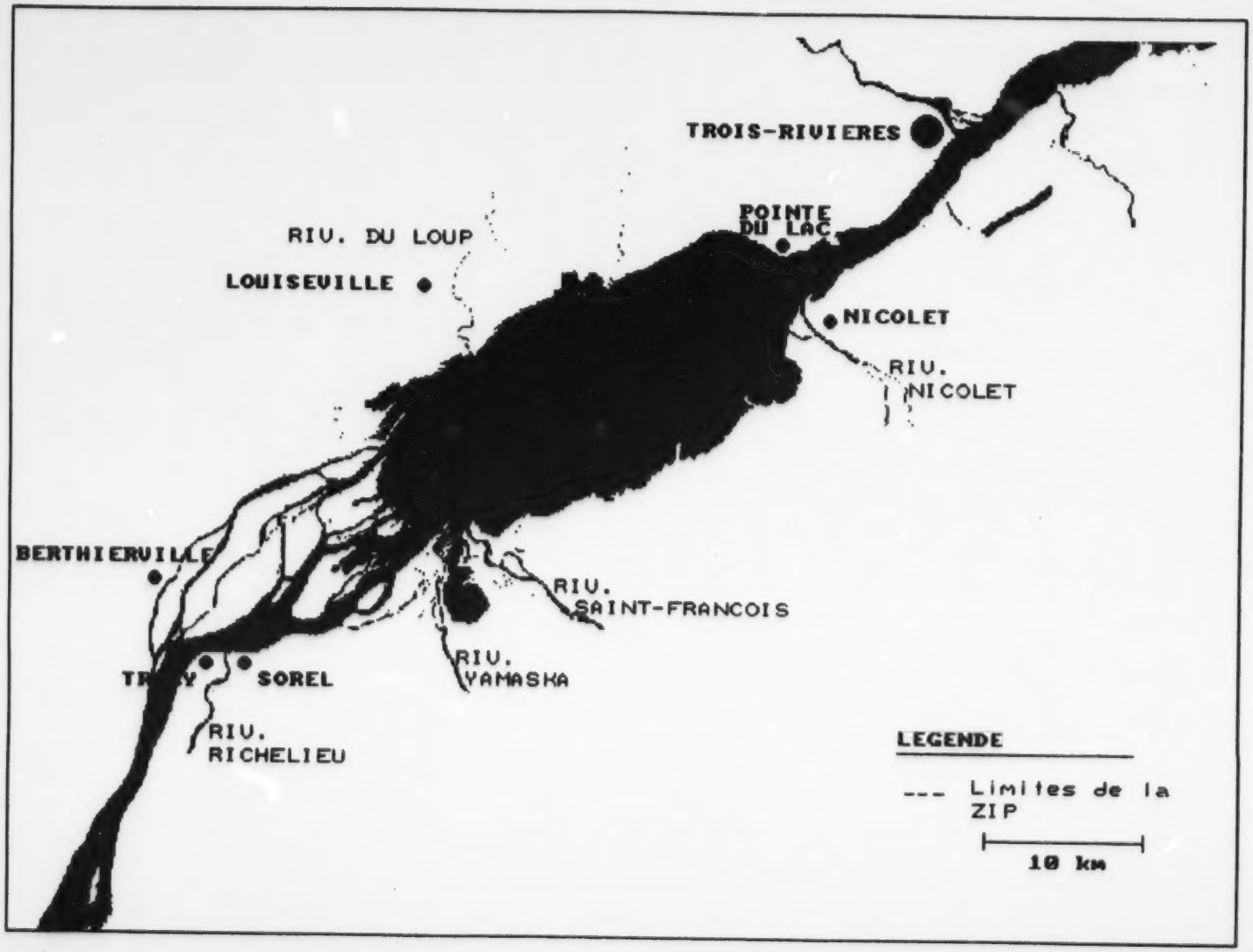


Figure 2 Lac Saint-Pierre

2.2 Hydrologie et hydrodynamique

La province de Québec a été divisée en 11 régions hydrographiques aux caractéristiques hydrologiques homogènes, en fonction de paramètres de climatologie, de topographie et de physiographie. Les tributaires de la rive sud du lac Saint-Pierre appartiennent à la région 03; leur embouchure est généralement couverte de sédiments fins sur fond argileux de la mer de Champlain. La topographie de leur bassin versant, souvent situé en partie sur le plateau des Appalaches, explique que certains tributaires comportent des chutes et sont harnachés à des fins hydro-électriques, comme la rivière Saint-François. Du côté nord, les tributaires de la région 05 présentent un relief généralement plat ou collinaire et un fond sablonneux et silteux.

Le débit annuel moyen du fleuve est de 10 900 m^3/s à l'entrée du lac Saint-Pierre et de 11 600 m^3/s à la sortie, près de Nicolet (R. Bourdages, 1990). L'apport d'eau des nombreux tributaires est important, causant une augmentation de 7 p. 100 du débit du fleuve. Le tableau 1 indique les principaux tributaires responsables de cet accroissement.

On observe une fluctuation mensuelle du débit du fleuve, les mois d'avril et mai présentant les débits les plus élevés, et les mois de janvier et février, les débits les plus faibles. La grande fluctuation des débits des tributaires constitue l'événement hydrologique dominant, surtout près des rives, dans les zones d'influence des affluents (Frenette *et al.*, 1989). Ces variations peuvent aussi influencer l'importance des zones de sédimentation, les crues de printemps pouvant remettre en suspension les sédiments accumulés durant le reste de l'année. Ce phénomène a été identifié par modélisation mathématique pour d'autres tronçons du fleuve, où l'on a observé la réduction des aires à potentiel élevé de sédimentation avec l'augmentation du débit et des vitesses (Frenette *et al.*, 1989).

La vitesse du courant varie tout au long du fleuve, en fonction de la morphologie du lit et des berges. Au lac Saint-Pierre, elle est de l'ordre de 0,6 à 1 m/s dans le chenal de la voie maritime, et inférieure à 0,3 m/s de part et d'autre (Environnement Canada, 1981). Dans le secteur des îles de Berthier-Sorel, les vitesses ne dépassent guère 0,1 m/s, et le réseau d'écoulement des masses d'eau est fort complexe; plusieurs bras secondaires ont été coupés par des digues submergées afin de

maintenir les niveaux d'eau dans le port de Montréal (Centreau, 1974; Frenette *et al.*, 1989). Alors que les plus grandes vitesses dans le chenal favorisent le transport de sédiments très fins provenant des Grands Lacs, les zones où les vitesses sont plus faibles sont affectées par la sédimentation.

Tableau 1 Contribution des tributaires au débit du fleuve Saint-Laurent au lac Saint-Pierre

Tributaire	Superficie du bassin (km^2)	Débit moyen annuel (m^3/s)	Apport relatif (%)
Entrée du lac		10 900	
Rive Nord			
Chaloupe	135	n.d.	< 1
Bayonne	347	n.d.	< 1
Chicot	198	n.d.	< 1
Maskinongé	1 140	20	< 1
Petite du Loup	89	n.d.	< 1
Du Loup	1 528	26	< 1
Petite Yamachiche	90	n.d.	< 1
Yamachiche	275	n.d.	< 1
Rive Sud			
Richelieu	23 698	374	3
Saint-François	10 230	219	2
Yamaska	4 843	87	< 1
Nicolet	3 419	77	< 1
Sortie du lac		11 600	

Sources : Entraco, 1989; R. Bourdages, 1990; Frenette *et al.*, 1989.

n.d. : non disponible.

Les marées jouent également un rôle dans l'hydrologie du fleuve. Considérée négligeable à Sorel, la marée a déjà un effet visible à Trois-Rivières et est certainement impliquée dans la dynamique du lac Saint-Pierre, se traduisant par un ralentissement de courant et une surélévation du plan d'eau (Germain et Janson, 1984; Frenette *et al.*, 1989).

Le vent constitue un autre agent responsable de la dynamique du fleuve. Les deux directions dominantes des vents, selon les saisons, s'ajustent à l'axe longitudinal du fleuve et particulièrement à ceux des lacs, permettant ainsi la formation de vagues. La vitesse moyenne des vents lors des tempêtes ayant été estimée à 40 km/h, on évalue la hauteur des vagues au lac Saint-Pierre à 0,60 à 1,10 m hors du chenal maritime et à près de 2 m dans le chenal. Ces vagues peuvent générer des courants de fond importants dans les zones de faibles profondeurs et résulter en l'érosion des fonds de limon jusqu'à une profondeur de 2,5 m et jusqu'à 1,8 m dans le cas des fonds de sable (Frenette *et al.*, 1989).

Le temps de parcours moyen des eaux dans le chenal maritime entre Cornwall et Portneuf est d'environ quatre jours, dont moins d'un jour pour traverser le lac Saint-Pierre. De chaque côté cependant, le long des rives, le temps de parcours peut se prolonger de quelques heures à quelques jours.

Lorsqu'un affluent atteint le fleuve, les eaux et les sédiments transportés sont rabattus le long des rives et se mélangent graduellement, l'existence de masses d'eau d'origines différentes étant mise en évidence par conductimétrie (Environnement Canada, 1981; Germain et Janson, 1984). Les eaux qui baignent la rive nord du lac Saint-Pierre proviennent en grande partie du mélange des rivières des Outaouais et l'Assomption (Environnement Canada, 1981). Le flot rapide et unidirectionnel les empêche de se mélanger immédiatement aux eaux du fleuve en provenance des Grands Lacs, et elles s'écoulent entre les îles Dupas, Saint-Ignace, Madame, aux Ours et l'île de Grâce (Centreau, 1974) et longent la rive nord du lac Saint-Pierre. Il existe un phénomène semblable du côté de la rive sud du lac, où les rivières Richelieu, Saint-François et Yamaska se mélangent lentement aux eaux du fleuve (Environnement Canada, 1981).

La température du fleuve est relativement homogène et peu influencée par les conditions météorologiques. L'évolution temporelle indique une température voisine de 0 °C de la mi-décembre au début avril et une variation sinusoïdale le reste de l'année, avec un sommet d'environ 23 °C au début d'août. Les variations verticales sont généralement inférieures à 1 °C, bien qu'on ait déjà observé une stratification thermique (Frenette *et al.*, 1989). Les variations transversales sont également faibles,

de l'ordre de 1 °C en moyenne, avec des écarts de 2 à 4 °C correspondant aux différences entre les masses d'eau. Par exemple, en juillet 1985, au niveau de Lanoraie, la température de l'eau du coté nord était de 21,8 °C, alors qu'elle atteignait 20,7 °C du coté sud (Germain et Pham, 1989).

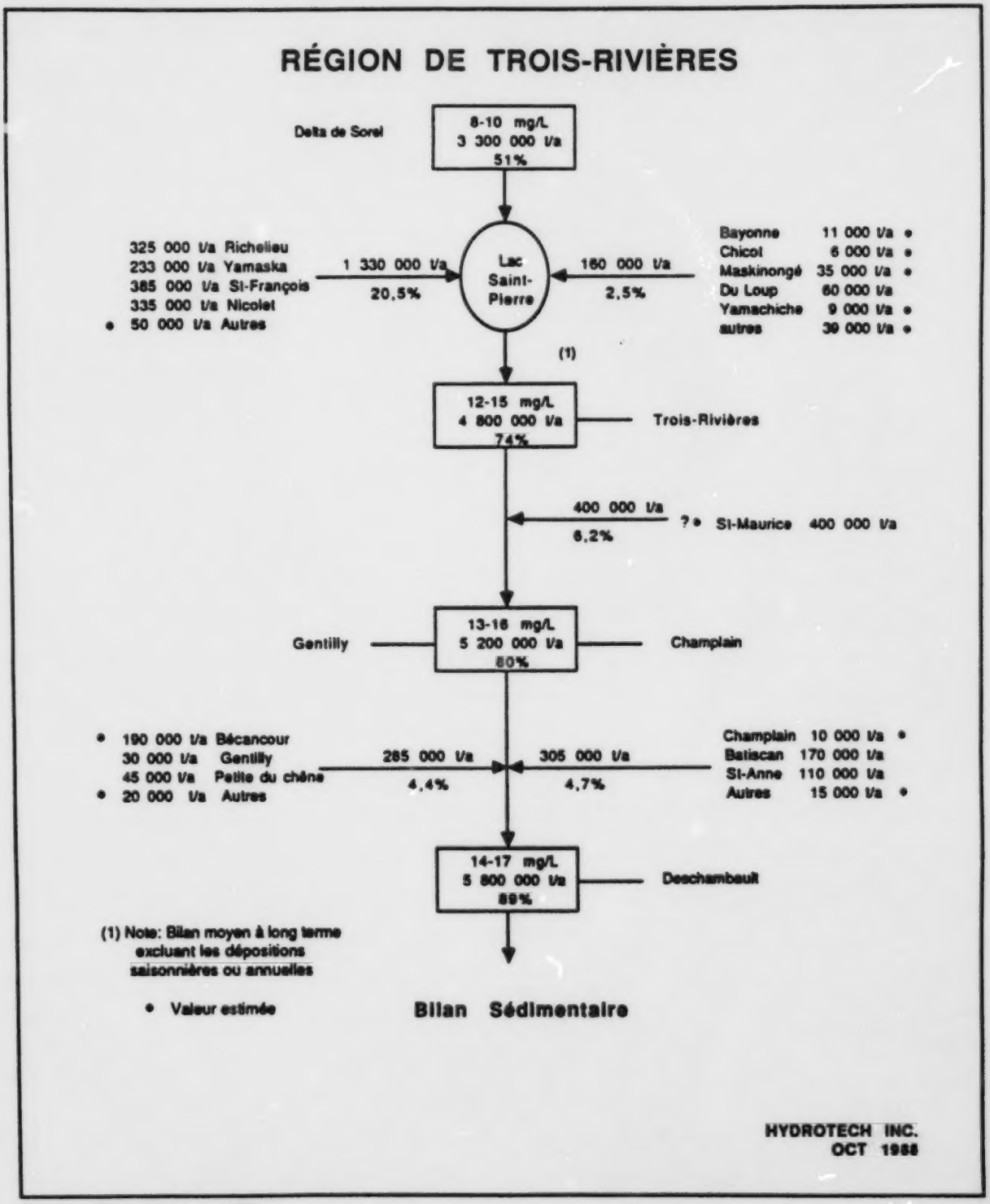
En plus de constituer une contrainte majeure au développement et à la mise en valeur du fleuve, le régime des glaces affecte le régime de sédimentation par son action mécanique sur les berges et le fond. Le delta de Sorel est particulièrement soumis à ce type d'action, l'érosion des berges étant importante et les chenaux pouvant être bloqués par la formation d'embâcles, causant la remise en suspension des sédiments fins. La formation de glaces d'estrans, en contact avec le fond, peut aussi entraîner l'extraction de milliers de tonnes de sédiments fins. Enfin, la présence de glaces sur le fleuve influence aussi les concentrations de contaminants dans l'eau durant la période hivernale, en empêchant leur volatilisation (Frenette *et al.*, 1989).

2.3 Sédimentologie

Si l'hydrologie du couloir fluvial est dominée par les eaux des Grands Lacs, il n'en va pas de même sur le plan sédimentaire. La morphologie et la nature des fonds du fleuve Saint-Laurent ont pour effet que celui-ci contribue peu à l'accroissement de la charge sédimentaire et que les teneurs en matières en suspension sont faibles en amont du lac Saint-Pierre. Les tributaires sont donc les principaux responsables de cet accroissement, principalement ceux dont les bassins ont une vocation agricole.

À la sortie des Grands Lacs, la teneur moyenne de l'eau en matières en suspension est de 1,2 mg/L, ce qui correspond à une contribution de l'ordre de 250 000 à 500 000 t/an, soit entre 8 et 16 p. 100 de la charge sédimentaire totale du fleuve. Les différents apports entre la sortie du lac Ontario et l'entrée du delta de Sorel font grimper la teneur du fleuve en matières en suspension à 8 à 10 mg/L, et la charge sédimentaire, à 3 300 000 t/an.

Le lac Saint-Pierre est un des secteurs du fleuve où le taux de sédimentation est le plus élevé, à cause des apports des rivières Richelieu, Saint-Francois, Yamaska et Nicolet (figure 3). À la sortie du lac Saint-Pierre, la teneur du fleuve en matières en suspension est d'environ 12 à 15 mg/L, et la charge sédimentaire, de



Source : Frenette *et al.*, 1989.

Figure 3 Bilan sédimentaire de la région de Trois-Rivières

4 800 000 t/an. Alors que la charge à l'entrée du lac représente 51 p. 100 de la charge totale du fleuve Saint-Laurent au niveau de Québec, elle en constitue 74 p. 100 à la sortie du lac.

Compte tenu que ce bilan sédimentaire constitue un bilan moyen à long terme et que les charges maximales de matières solides en période de crues atteignent le double de la charge moyenne, on peut s'attendre à ce que le bilan sédimentaire soit de près de 10 millions de tonnes à la sortie du lac Saint-Pierre pour les années de forte hydraulicité. L'inverse est également vrai en période de faible débit, où la charge sédimentaire peut être inférieure à 3 millions de tonnes par an. Malgré l'importance de ces apports, le lac Saint-Pierre ne constitue pas un important bassin de sédimentation, puisque la majorité des sédiments en ressort (Frenette *et al.*, 1989).

On connaît peu le débit solide de charriage de fond du fleuve Saint-Laurent, qui correspond au volume de sédiments pouvant être remis en suspension et redéposés plus loin. Des évaluations théoriques ont permis d'estimer la capacité de charriage à 20 000 à 200 000 t/an, soit moins de 5 p. 100 du débit solide total à Québec (Frenette *et al.*, 1989). La répartition temporelle de la charge sédimentaire est très inégale, 60 à 70 p. 100 de celle-ci transitant en période de crues printanières, en avril et mai. La taille des particules transportées est pratiquement inconnue, tant pour le fleuve lui-même que pour les tributaires.

2.4 Nature des sédiments de fond

2.4.1 Granulométrie. - Selon Frenette *et al.* (1989), la région des îles de Berthier-Sorel constitue une vaste zone de dépôts de sédiments fins, à l'exclusion du chenal maritime. Les seuils submergés construits dans les bras secondaires contribuent à favoriser cette sédimentation.

Une analyse granulométrique a été réalisée en 1986 par la Direction des eaux intérieures, région du Québec, sur des échantillons provenant de 100 stations réparties dans le secteur des îles de Berthier-Sorel et dans le lac Saint-Pierre (Hardy *et al.*, 1990a). Les statistiques des pourcentages de gravier, sable, limon et argile apparaissent au tableau 2. Le sable domine pour l'ensemble de la zone d'étude (59 p. 100), tandis que les particules fines, comprenant le limon et l'argile, constituent environ 40 p. 100 des particules sédimentaires.

Tableau 2 Statistiques descriptives de la granulométrie des sédiments du lac Saint-Pierre

Matériaux	*X* (%)	σ (%)	Méd. (%)	Min. (%)	Max. (%)	*V* (%)
Ensemble de la zone d'étude (*n* = 100)						
Gravier	1,16	7,59	0,00	0,00	71,24	652
Sable	59,20	27,81	62,43	2,03	99,85	47
Limon	17,70	14,51	17,40	0,02	71,91	82
Argile	21,94	18,34	19,28	0,01	74,76	84
Limon et argile	39,64	28,41	36,60	0,03	97,96	72
Zone du lac (*n* = 91)						
Gravier	1,28	7,95	0,00	0,00	71,24	622
Sable	59,97	28,58	64,07	2,03	99,85	48
Limon	17,28	14,87	15,23	0,02	71,91	86
Argile	21,47	18,95	18,62	0,01	74,76	88
Limon et argile	38,75	29,19	35,29	0,03	97,96	75
Secteur des îles (*n* = 9)						
Gravier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Sable	51,37	17,47	49,53	29,99	81,90	34
Limon	21,94	9,80	22,79	7,47	34,42	45
Argile	26,69	9,82	23,74	10,62	39,67	37
Limon et argile	48,63	17,47	50,46	18,09	70,01	36

Source : Hardy *et al.*, 1990a.

X : moyenne.
σ : écart-type.
V : coefficient de variation.

Si on sépare ces stations en deux groupes, le pourcentage de sable, pour les stations situées dans le secteur des îles, diminue au profit des particules plus fines, comparativement au reste du lac : le pourcentage de limon et d'argile est de 39 p. 100 pour le lac et de 49 p. 100 pour le secteur des îles.

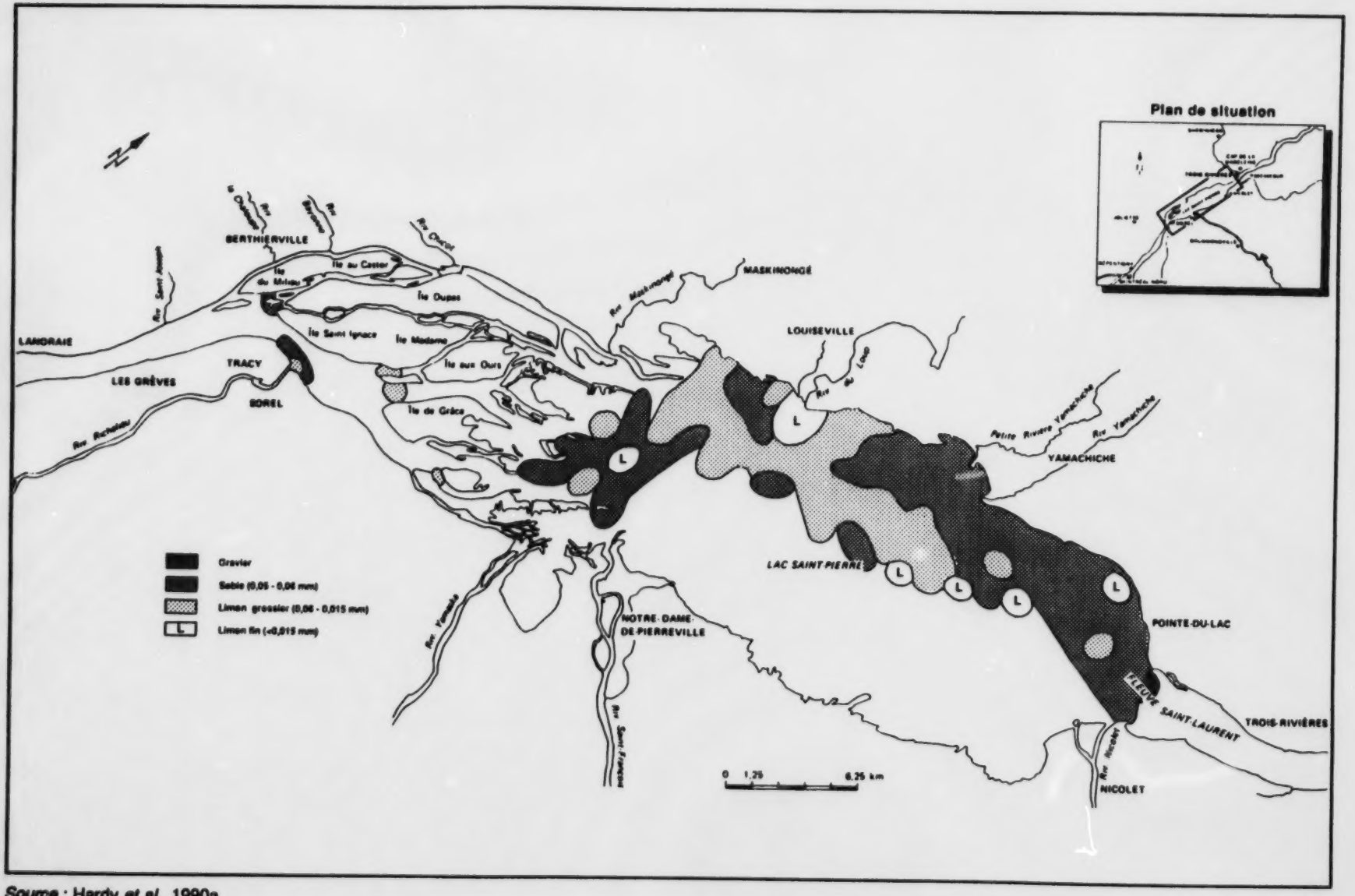
Dans le lac, une part importante des stations semblent situées dans une zone dynamique où les sédiments fins ne s'accumulent pas. Le reste des stations montre des sédiments composés de sable, de limon et d'argile, mais où l'un ou l'autre de ces types de particules dominent. Dans le secteur des îles, on retrouve

une prédominance de stations à sédiments mal triés ainsi que des sédiments composés de sable vaseux ou argileux; les sédiments de ce secteur montrent une plus grande homogénéité granulométrique que ceux du lac.

La répartition spatiale des résultats de l'étude granulométrique (figure 4, Hardy *et al.*, 1990a) fait apparaître trois grands types de matériaux et montre la nature hétérogène des sédiments du lac Saint-Pierre. Les sables se retrouvent principalement à quelques stations en amont du secteur des îles, de même qu'en aval des îles et dans la partie aval du lac; dans le secteur du lac, la grosseur des sédiments a tendance à augmenter de l'amont vers l'aval; les limons grossiers sont observés dans les chenaux du secteur des îles et en aval de celui-ci, dans la première moitié du lac; les limons fins s'accumulent principalement à l'embouchure de la rivière du Loup ainsi qu'à quelques stations isolées, notamment au centre du lac près de la voie maritime. Ces résultats ne permettent pas de conclure que le secteur des îles soit une zone de sédimentation de particules fines, comme le rapportent Sérodes (1978) et Frenette *et al.* (1989). Bien que les particules fines soient plus abondantes à certaines stations, le sable demeure dominant. Les zones de sédimentation semblent donc confinées à quelques stations isolées. Étant donné la dynamique de cette région, il est probable que le secteur des îles de Berthier-Sorel soit une zone de sédimentation temporaire, ce qui expliquerait la différence entre les résultats des différentes études.

2.4.2 Minéralogie. - Les minéraux qui composent les sédiments d'un cours d'eau proviennent de l'érosion des roches de son bassin de drainage. Par conséquent, la nature géochimique des sédiments reflète leur origine. Les principaux éléments de la croûte terrestre sont les silicates et les carbonates. Ces derniers proviennent des roches sédimentaires calcaires, abondantes dans les basses terres du Saint-Laurent, alors que les silicates se retrouvent dans les roches ignées et métamorphiques du Bouclier canadien ainsi que dans les roches sédimentaires (Landry et Mercier, 1984).

Les données sur les six principaux éléments analysés par Hardy *et al.* (1990a) (aluminium, calcium, fer, manganèse, phosphore total et carbone organique) se trouvent au tableau 3.



Source : Hardy *et al.*, 1990a.

Figure 4 ***Nature des sédiments prélevés à 100 stations du lac Saint-Pierre, selon trois classes établies à partir des médianes des ϕ (1986)***

Tableau 3 Statistiques descriptives des teneurs en principaux éléments des sédiments du lac Saint-Pierre

Variable	Critère du MEO (%)	Stations excédant critère (%)	$\bar{X}$ (%)	σ (%)	Méd. (%)	Min. (%)	Max. (%)
Al	n.d.	-	7,240	0,560	7,190	5,910	8,490
Ca	n.d.	-	2,430	0,560	2,270	1,910	4,400
Fe	3,00	69	3,590	1,330	3,230	1,600	7,570
Mn	0,04	83	0,057	0,167	0,056	0,030	0,115
P tot.	0,06	97	0,104	0,021	0,100	0,060	0,140
C org.	1,00	42	1,243	1,219	0,969	0,074	6,920

n.d. : non défini.
$\bar{X}$: moyenne.
σ : écart-type.

Les valeurs obtenues ont été comparées aux critères de qualité des sédiments établis par le ministère de l'Environnement de l'Ontario (MEO; Persaud *et al.*, 1990). Ces critères ont été utilisés parce qu'ils sont les plus récents et ont été élaborés avec soin et selon une méthode précise. Les teneurs en fer, en manganèse et en phosphore total dépassent les critères du seuil d'effet mineur (*Lowest Effect Level*, section 4.2.2) à presque toutes les stations, alors que le pourcentage de carbone organique excède ces critères à 15 stations, principalement dans le secteur des îles. On n'observe pas de variation importante dans les teneurs en principaux éléments des sédiments.

La géochimie des sédiments du lac Saint-Pierre semble fortement influencée par l'apport de ses tributaires. Les bassins de drainage de ceux de la rive nord sont principalement situés en bordure du lac, sur des roches calcaires. Cependant, l'épaisseur des dépôts glaciaires étant importante, il est probable que la composition minéralogique des sédiments transportés par ces tributaires reflète davantage ces dépôts que la roche sous-jacente. La rivière du Loup semble contribuer un apport important d'aluminium. Les teneurs en calcium sont plus élevées dans le secteur centre du lac, ce qui pourrait refléter l'influence de la composition calcaire des basses-terres du Saint-Laurent.

Les teneurs en fer dans le secteur sud-est des îles sont plus élevées que dans le lac. Ce type de répartition suggère un problème de contamination : les usines de métallurgie et de fabrication de pigments (Tioxide Canada inc., QIT-Fer et Titane inc., Aciers Inoxydables Atlas, div. de Sammi-Atlas inc.) rejettent des quantités importantes de fer (LGL, 1990) et sont probablement responsables de son accumulation dans les sédiments.

Les teneurs en manganèse semblent assez homogènes. Elles se comparent à celles enregistrées par Sérodes (1978) pour le même bassin. Les teneurs des sédiments en phosphore total pour l'ensemble de la zone d'étude se comparent à celles obtenues pour la même zone par CENTREAU (1974) et Sérodes (1978). Ces auteurs ont cependant noté un enrichissement dans les îles de Berthier-Sorel par rapport au lac, ce que les résultats de Hardy *et al.* (1990a) ne semblent pas montrer. Le carbone organique est un indice de la quantité de matières organiques présentes dans les sédiments. Des valeurs élevées indiquent un fort potentiel pour l'adsorption et l'accumulation de contaminants (Sly *et al.*, 1981). Les valeurs obtenues semblent plus élevées dans le secteur des îles que dans le lac.

3 LES SOURCES DE POLLUTION

3.1 Les sources ponctuelles

Les eaux du lac Saint-Pierre sont contaminées par quatre sources ponctuelles. Il s'agit des rejets en provenance des municipalités, des industries, des tributaires et de la partie amont du fleuve. Cette section traite de l'importance relative de chacune d'elles dans la contamination du lac Saint-Pierre.

3.1.1 Rejets municipaux (Asseau, 1991). - Les apports municipaux, pour une population supérieure à 25 000 habitants, ont été calculés à partir des mesures effectuées par la Communauté urbaine de Québec (CUQ) pour trouver la teneur en plomb, en cuivre et en zinc de ses effluents non traités (Lavallée, 1989). Cette ville est considérée comme représentative d'un effluent principalement urbain, parce qu'elle possède peu d'industries qui génèrent des métaux. Les valeurs des concentrations de ces métaux dans les rejets des municipalités ayant une population inférieure à 25 000 habitants proviennent d'une communication personnelle de Pierre Lavallée (1990).

Dans le calcul des rejets de zinc, de cuivre et de plomb par les municipalités riveraines du lac Saint-Pierre, les valeurs de débit sont utilisées comme telles lorsqu'elles sont connues. Dans le cas contraire, on attribue une consommation d'eau de 830 litres par personne par jour (MENVIQ, 1991) pour établir le débit total. On se sert de valeurs distinctes pour calculer le débit par temps de pluie (mélange d'eaux de ruissellement fortement chargées en métaux et d'eaux domestiques) et le débit par temps sec (absence d'eaux de ruissellement). On établit le débit par temps sec à 92 p. 100 du débit total, et le débit de ruissellement, à 8 p. 100 du débit total. La répartition des débits et des concentrations pour des populations de moins et de plus de 25 000 habitants se présente comme suit (Asseau, 1991) :

Taille de la population	Temps	Répartition des débits (830 L/hab./d), en %	Teneurs (mg/L)		
			Zinc	Cuivre	Plomb
< 25 000		100	0,050	0,020	0,025
> 25 000	Sec	92	0,100	0,030	0,050
> 25 000	Pluvieux	8	0,780	0,131	0,366

Une fois déterminé le débit total des effluents d'une municipalité, il faut le multiplier par les teneurs connues en métaux pour pouvoir estimer ses rejets (tableau 4). Les apports totaux pour toutes les municipalités (Sorel, Tracy, Sainte-Anne-de-Sorel, Saint-Joseph-de-Sorel, Saint-Pierre-de-Sorel, Pointe-du-Lac, Berthierville, Saint-Ignace-de-Loyola) en zinc, cuivre et plomb atteignent 7,69 kg/d*, 1,90 kg/d et 3,75 kg/d respectivement. Les estimations étant basées sur le nombre d'habitants, la taille des villes détermine l'importance de leurs apports toxiques.

Il est à noter que les villes de Tracy, Sorel, Sainte-Anne-de-Sorel, Saint-Joseph-de-Sorel, Saint-Pierre-de-Sorel et Pointe-du-Lac traitent actuellement leurs eaux usées. Ces estimations étant basées sur des valeurs d'effluents non traités, il faut supposer que les charges de métaux rejetés sont surestimées.

3.1.2 Rejets industriels. - Les apports en provenance des industries seront traités selon deux catégories : les industries visées par le Plan d'action Saint-Laurent (PASL) et les industries enrôlées dans le Programme de réduction des rejets industriels (PRRI).

3.1.2.1 ***Entreprises visées par le PASL (Asseau, 1990b).*** - Quatre entreprises de la ZIP du lac Saint-Pierre font partie de la liste des 50 usines visées par le PASL. Il s'agit des **Industries de Préservation du bois ltée**, des **Aciers Inoxydables Atlas, div. de Sammi-Atlas inc., Tioxide Canada inc.** et **QIT-Fer et Titane inc.**

* kg/d : kilogramme par jour.

Tableau 4 ***Estimation des rejets de zinc, cuivre et plomb par les municipalités riveraines du lac Saint-Pierre***

Municipalité	Population desservie	Débit (m^3/s)	Zn (kg/d)	Cu (kg/d)	Pb (kg/d)
Sorel	42 317	0,514	6,86	1,69	3,34
Tracy	0	0	0	0	0
Saint-Pierre-de-Sorel	0	0	0	0	0
Sainte-Anne-de-Sorel	0	0	0	0	0
Saint-Joseph-de-Sorel	0	0	0	0	0
Berthierville	3 805	0,037	0,49	0,12	0,24
Pointe-du-Lac	1 736	0,017	0,22	0,05	0,11
Saint-Ignace-de-Loyola	1 000	0,010	0,13	0,03	0,06
Total	48 858	0,577	7,69	1,90	3,75

Source : Asseau, 1991.

Remarque. - Les valeurs de 0 indiquent que les municipalités sont raccordées au réseau de la ville de Sorel.

kg/d : kilogramme par jour.

QIT déverse, par l'intermédiaire de trois émissaires, ses eaux résiduaires directement dans le fleuve sans aucun traitement. Son égout domestique est branché au réseau municipal de Tracy. Le débit de l'émissaire principal est de 155 000 m^3/d (Asseau, 1991). Tioxide ne traite que ses déchets relativement solides. L'usine ne dispose présentement d'aucun système de traitement de ses effluents liquides (GIPASL, 1990). Elle déverse dans le fleuve, par un seul émissaire, un débit total variant entre 9000 et 15 000 m^3/d. Les Aciers Inoxydables Atlas déversent, par deux

émissaires, un débit total de 28 000 m^3/d d'eaux usées dans le fleuve Saint-Laurent. La compagnie confie ses acides usés concentrés à une entreprise d'élimination autorisée (GIPASL, 1990), et son égout domestique est relié au réseau municipal de Tracy. La compagnie Les Industries de Préservation du bois ltée réutilise 100 p. 100 de ses eaux de procédé de préservation. Seules les eaux de régénération des adoucisseurs et des purges de bouilloires sont déversées dans la rivière Richelieu. Le débit se chiffre à 12 m^3/d. Les boues et les déchets solides sont éliminés à l'extérieur du site (GIPASL, 1990).

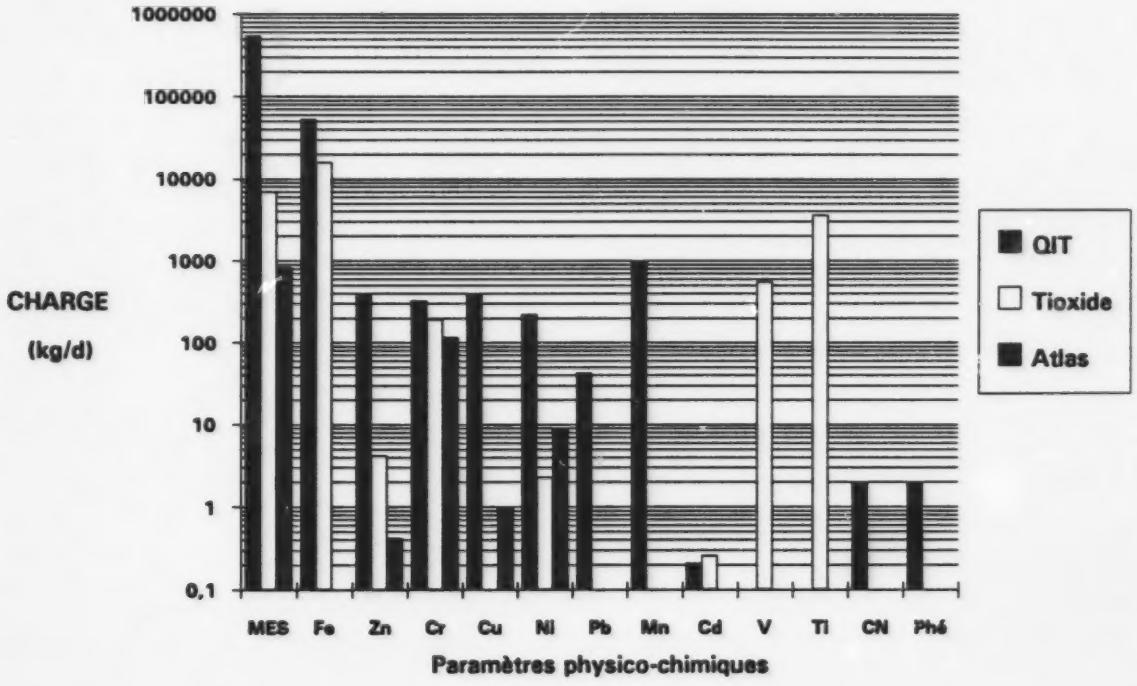
Les rejets de QIT, Tioxide et Aciers Inoxydables Atlas ont été évalués sur une base journalière (figure 5) à partir des relevés effectués en 1986 par le MENVIQ.

> «Les principaux contaminants provenant de ces industries sont : le fer (Fe), le zinc (Zn), le chrome (Cr), le cuivre (Cu), le nickel (Ni), le plomb (Pb) ainsi que les matières en suspension (MES). On note aussi la présence de certaines substances plus rares, tels l'antimoine (Sb), le cyanure (CN), le vanadium (V), et le titane (Ti).
>
> L'industrie, parmi celles mentionnées plus haut, qui contribue le plus à la charge de contaminants est sans contredit **QIT-Fer et Titane inc.**, dont l'usine est située à Saint-Joseph-de-Sorel, tout près de l'embouchure de la rivière Richelieu. Cette industrie rejette à elle seule environ 550 000 kg/d de matières en suspension. En plus des matières en suspension, QIT a les rejets les plus élevés de fer, zinc, chrome, cuivre et nickel. Elle est la seule usine prioritaire de ce secteur qui rejette du plomb, du manganèse, des cyanures et des phénols». (Asseau, 1990b) (figure 5).

Depuis le dernier échantillonnage du MENVIQ, en août 1986, la production de l'usine a augmenté de 29 p. 100. Les résultats de 1986 pour les émissaires 1 et 2 ont été augmentés d'environ 29 p. 100 pour donner un meilleur aperçu des charges.

> «Un projet d'assainissement des eaux (PAE) a été signé en 1988 et vise une diminution de 97 à 98 p. 100 des matières en suspension rejetées et un traitement de toutes les eaux usées. Les travaux doivent être complétés pour 1993.» (Asseau, 1991.)

La phase 1 du PAE, une étude pilote, a été complétée comme prévu en juin 1990. Présentement, la compagnie travaille aux plans d'ingénierie. Ces derniers seront présentés en septembre (Richard Trottier, 1990, Équipe d'intervention Saint-Laurent [EISL], communication personnelle.)



Source : Asseau, 1991.

Figure 5 Estimation des charges journalières des principaux contaminants rejetés par trois industries du lac Saint-Pierre (1990)

«La seconde industrie en importance au niveau de l'apport toxique est **Tioxide Canada inc.** Cette industrie utilise le produit final de la QIT, soit des scories de titane pour en faire des pigments de bioxyde de titane au sulfate. Pour arriver à son produit final, l'usine utilise des acides forts et de grands volumes d'eau de rinçage, ce qui résulte en un effluent très acide (pH de 1 à 2) contenant des résidus de fer et de titane en grande quantité. De plus, Tioxide est la seule industrie des trois à rejeter du titane, du cadmium, du vanadium et de l'antimoine (figure 5)... Les données relatives à la qualité des effluents proviennent des rapports trimestriels de 1989 fournis par l'usine à la Direction de l'assainissement industriel (DAI) du MENVIQ... Un projet d'assainissement des eaux (PAE) a été signé en 1986. Le PAE prévoit une diminution des eaux usées acides dans l'émissaire final. En 1987, un amendement a été apporté à ce PAE, suite à l'émission d'un certificat d'autorisation visant à augmenter la production de 24 p. 100. La mise en opération du traitement des eaux usées est prévu pour mars 1991.» (Asseau, 1990b.)

«Dans le cadre du PAE, une étude pilote de récupération de l'acide a été réalisée selon le procédé Chemetics. Les objectifs de cette étude, faite conjointement avec les compagnies QIT-Fer et Titane inc, Kronos Canada inc. et Chemetics, ont été atteints, et les résultats, jugés satisfaisants. Cependant, la longue durée du projet pilote d'une part, et les démarches de l'entreprise pour obtenir une aide financière gouvernementale, d'autre part, ont retardé la réalisation des principales étapes du programme jusqu'à maintenant.» (François Rocheleau, 1990, Équipe d'intervention Saint-Laurent [EISL], communication personnelle.)

«L'industrie **Aciers Inoxydables Atlas, div. de Sammi-Atlas inc.** participe de façon significative à l'apport en contaminants. Les principaux paramètres chimiques que l'on retrouve dans ses effluents sont le chrome, le magnésium, le zinc, le nickel et le cuivre. L'apport en MES est nettement moins imposant que pour QIT et Tioxide, mais il n'est pas négligeable. Aucune modification pouvant affecter les charges n'a été apportée à l'usine depuis l'échantillonnage d'avril 1986, à l'exception du chrome en provenance des bains de rinçage dont la concentration a augmenté de 10 p. 100 durant cette période... Un programme d'assainissement des eaux (PAE) a été signé en 1988. Il comporte trois points principaux : a) la diminution des huiles et graisses de 90 p. 100 et des MES à 30 mg/L à la source (non à l'émissaire final); b) le traitement des métaux lourds; c) la neutralisation de l'effluent (récupération des acides). Ce PAE devrait être effectif à la mi-1991.»

Il y a des retards dans la réalisation du programme, car la compagnie n'appartient plus à Rio Algom depuis 1989. Le nouveau propriétaire, SAMMI, désire augmenter la production, et les travaux ont donc été suspendus. Une décision sera rendue en août (1990) au sujet de cette augmentation, ce qui entraînera

probablement une révision du PAE (Richard Trottier, 1990, Équipe d'intervention Saint-Laurent [EISL], communication personnelle.)

Les résultats d'analyses du MENVIQ ont été mis à jour par Asseau (1990a). À partir de ces valeurs, une comparaison a été effectuée avec les critères disponibles de toxicité aiguë décrits dans le rapport du MENVIQ (1990a).

Le critère de toxicité aiguë correspond à la concentration aqueuse d'une substance à laquelle les organismes aquatiques peuvent être exposés pour une courte période de temps sans ou avec peu de mortalité (MENVIQ, 1990a). En d'autres termes, au contact de concentrations supérieures à ces critères, les organismes ne pourraient survivre. Le tableau 5 présente les résultats d'analyses pour les compagnies QIT, Aciers Inoxydables Atlas et Tioxide Canada. Ces résultats sont des moyennes établies à partir de trois échantillons. Pour la société QIT, les résultats des trois émissaires ont été présentés.

Tableau 5 Concentrations moyennes des principaux contaminants rejetés par trois industries du lac Saint-Pierre

Paramètres	QIT (1) (1986) (mg/L)	QIT (2) (1986) (mg/L)	QIT (3) (1986) (mg/L)	Aciers Atlas (1986) (mg/L)	Tioxide Canada (1989) (mg/L)	Critère de toxicité aiguë (mg/L)
Al					133	0,75
As tot.					*0,001	0,36
Cd	<0,1	*0,02		<0,05	*0,02	0,0076
Cr tot.	1,3	**4,7	*0,1	4,0	14,5	0,016
Cu	2,0	<0,1	*0,3	0,03	<0,036	0,031
Cyan.tot.	**0,01	<0,06			<0,010	0,022
Fe	265	<1,7	10,5		1190	0,3
Hg tot.	0,0007	*0,0004	**0,0002	0,0002	**0,0008	0,0024
Ni	1,1	*0,2	*0,1		0,17	2,33
pH	7,3	7,3	7,1		1,1	5,0 - 9,0
Phénols	*0,01	<0,004	<0,001			10,2
Pb	0,2	*0,2	**0,15		<0,10	0,17
V					42	0,19
Zn	1,9	<0,1	*0,2	*0,014	*0,33	0,17

Source : Valeurs tirées d'Asseau, 1990a.

Remarque. - L'industrie QIT possède trois émissaires.

* Moyennes sur 1 jour.
** Moyennes sur 2 jours.
Sauf indication contraire, les moyennes ont été calculées sur 3 jours.

En 1989, les teneurs moyennes en aluminium, en cadmium, en chrome total, en cuivre, en fer, en vanadium et en zinc, ainsi que les valeurs moyennes du pH de l'effluent de **Tioxide Canada** dépassaient les critères de toxicité aiguë. Comme on peut le constater au tableau 5, les amplitudes de dépassement du critère sont très fortes dans le cas de plusieurs métaux (aluminium, chrome total, fer et vanadium).

En 1986, dans les trois effluents de **QIT**, les concentrations moyennes de cadmium, de chrome total, de fer, de plomb et de zinc dépassaient les critères de toxicité aiguë. Les amplitudes de dépassement des critères étaient très marquées dans le cas du chrome total, du fer et du zinc.

Chez **Aciers Inoxydables Atlas**, en 1986, seules les teneurs moyennes en chrome total dépassaient le critère de toxicité aiguë, avec une amplitude de dépassement assez forte.

Ces trois entreprises rejetaient dans le fleuve des concentrations très élevées de substances chimiques, et elles contribuaient directement à la contamination du lac Saint-Pierre.

Les panaches des rejets de Tioxide Canada et de QIT sont visibles sur des photographies aériennes (figure 6).

Les **Industries de Préservation du bois ltée** utilisent des produits comme l'arseniate de cuivre chromé (CCA), le pentachlorophénol (PCP) avec de l'huile et de la créosote pour la préservation du bois. Cette entreprise ne rejette pas d'eau de procédé directement dans la rivière Richelieu. Cependant, la nappe phréatique et les sols sont contaminés par ces trois produits. Il n'existe pas de protocole d'assainissement avec le MENVIQ (LGL, 1990). Toutefois, des mesures correctives ont été prises dans le cadre d'un agrandissement et d'une modernisation des installations. Ces mesures ont toutes reçu des certificats d'autorisation du MENVIQ (GIPASL, 1990).

3.1.2.2 ***Industries visées par le Programme de réduction des rejets industriels (PRRI).*** - Les informations concernant les entreprises qui appartiennent à cette catégorie (tableau 6) proviennent de la Direction de l'assainissement industriel du MENVIQ. Seules les entreprises visées par le Programme de rejets industriels (PRRI) feront l'objet d'une discussion.

Source : Centre Saint-Laurent. Composé couleur (rouge, vert et bleu) des images aéroportées acquises avec le capteur MEIS-II le 21 août 1990.

Remarque : La taille du pixel est de 7 m.

Figure 6 Panaches des rejets industriels de QIT-Fer et Titane et de Tioxide Canada (1990)

Tableau 6 Description des usines du lac Saint-Pierre visées par le PRRI seulement

Municipalité	Industrie	Localisation des rejets	Type de contaminants	Statut
Saint-Joseph de Sorel	Aciers Slater	Pluvial au fleuve, le reste, vers le réseau municipal	(Eau de refroidissement)	Les travaux requis dans le PAE approuvés en mars 1990
Nicolet	Nicolet Optique	Vers le réseau municipal	Tous les 3 mois : Cu, Zn, Ni, Pb, pH	Rencontre les exigences du MENVIQ depuis déc. 1989
Berthierville	GLC Canada inc.	6 égouts vers la Bayonne, 2 au fleuve	Potentiels : MES, huiles et graisses, DBO_5, HAP, pH	Exigences pas encore établies
Louiseville	Les matériaux Cascades inc.	Un effluent vers la Petite du Loup	MES, DBO_5, toxicité aiguë	Rencontre les normes pour les fabriques de pâtes et papiers
Yamachiche	Duchesnes et Fils ltée	Vers la Petite Yamachiche	MES, DCO tot., Zn, Fe, pH	2 volets du PAE complétés, le dernier en retard

Source : Informations tirées des dossiers du MENVIQ.

Comme on l'a mentionné dans le rapport socio-économique, la compagnie **Aciers Slater** (Saint-Joseph-de-Sorel) consomme beaucoup d'eau. C'est-à-dire plus de $10^6 m^3$/an (> 2740 m^3/d). Cependant la majeure partie de cette eau sert aux systèmes de refroidissement. Le Programme d'assainissement des eaux (PAE), signé en octobre 1987, prévoyait la ségrégation des eaux et certains raccordements au réseau municipal. De plus, les trop-pleins des deux bains de trempe à l'eau seront déversés directement dans le fleuve Saint-Laurent et dans la rivière Richelieu en autant que les teneurs respectives en huiles et en matières en suspension soient inférieures à 15 et 30 mg/L. Les travaux requis dans le PAE ont été approuvés par

le MENVIQ en mars 1990. La caractérisation des effluents n'est pas requise pour cette compagnie.

La compagnie **Nicolet Optique** opérait depuis 1910 sous le nom de American Optical Co. (AOCO). L'usine a fermé en novembre 1987 et a réouvert en janvier 1988. Elle fabrique des montures en métal pour lunettes. Le MENVIQ l'a visitée en juin 1989, et le ministère a recommandé des modifications pour les eaux de refroidissement, les eaux de rinçage du lavage par ébullition et du bac à ultrasons. Une lettre de conformité des équipements pour le traitement des eaux usées a été envoyée en décembre 1989. Tous les effluents de Nicolet Optique sont déversés dans le réseau municipal. L'effluent de procédé subit un prétraitement. La compagnie, à la demande du MENVIQ, procède une fois à tous les trois mois à une analyse de l'eau pour les paramètres suivant : cuivre, zinc, nickel, plomb et pH. Les résultats doivent rencontrer les normes fixées dans le règlement relatif aux rejets dans les réseaux d'égouts de la municipalité.

La compagnie **Duchesne et Fils ltée**, de Yamachiche, se spécialise dans la fabrication de clous, treillis, lattes métalliques, profilés de tôle en acier et en aluminium, clôtures à neige et revêtements de vinyle et films de polyéthylène. Les effluents de la compagnie sont déversés majoritairement dans la fosse pluviale qui est drainée dans la Petite rivière Yamachiche. Le PAE de Duchesnes et Fils, signé en juin 1986, comprenait trois volets distincts :

a) Traitement des eaux de procédé de l'atelier de décapage acide, incluant le traitement des brouillards acides.

b) Traitement des eaux de procédé de l'atelier de galvanisation des clous.

c) Traitement des eaux domestiques.

De plus la compagnie devait procéder à une caractérisation mensuelle de l'effluent de l'atelier de galvanisation des clous pour les matières en suspension (MES), la DCO totale et le zinc total et de celui de l'atelier de décapage pour le pH, le débit (J), le fer total et la DCO totale.

Les 7 janvier 1987 et 9 janvier 1989, la réalisation du premier et du troisième volets du PAE a reçu une approbation. Les travaux sont terminés pour ces deux volets. Le projet de traitement de l'atelier de galvanisation des clous, deuxième volet du PAE, est en retard. Une demande de certificat d'autorisation (CA) devra être soumise pour l'ensemble des travaux. Un programme de caractérisation devait être

mis en place en mai 1989. Il semble que des échantillons ont été prélevés seulement en juillet 1990.

L'usine **GLC Canada inc.**, localisée à Berthierville, utilise du charbon de pétrole et du goudron (*pitch*) pour fabriquer des électrodes de graphite. Dans le cadre du Programme d'assainissement des eaux (PAE) du Québec, les représentants du MENVIQ ont visité l'usine en 1989. Ils ont identifié les polluants potentiels suivants : MES, huiles et graisses, HAP, DBO_5 et pH. Six conduites d'égout se déversent dans la rivière Bayonne, et deux, dans le fleuve Saint-Laurent. GLC utilise 1916 m^3/d d'eau. Il existe de plus d'importants remblaiements de résidus de graphite sur une hauteur de trois mètres près du fleuve, au nord de la rivière Bayonne.

En utilisant comme matières premières des planures de bois et des résidus de croûtes de bois, **Les Matériaux Cascades inc.** de Louiseville fabriquent des panneaux isolants. «Une partie de la production peut être enduite de goudron sur une machine à revêtement» (MENVIQ, 1987). La production s'élevait à 40 tonnes métriques par jour en 1986.

Les eaux usées sont évacuées par un seul effluent rejeté dans la Petite rivière du Loup et ne subissent aucun traitement.

Une campagne d'échantillonnage a été réalisée par le MENVIQ (et le SPE) du 3 au 5 septembre 1986 afin de vérifier la conformité de l'usine aux normes du *Règlement sur les fabriques de pâtes et papiers*. Voici les conclusions et les recommandations du rapport du MENVIQ (1987) :

> «1- Les débits fournis par la compagnie sont inexacts... le calibrage du réservoir devra donc être refait...
>
> 2- La compagnie devra faire l'installation d'un débitmètre enregistreur dans l'effluent de l'usine pour que les débits fournis dans les rapports mensuels de l'usine soient plus représentatifs...
>
> 3- Selon les débits et les rejets de MES et de DBO_5, cette usine pourrait être reliée au futur traitement des eaux municipales dans le cadre du programme d'assainissement des eaux (PAEQ).
>
> 4- L'effluent de l'usine est fortement toxique pour les algues, les daphnies, le microtox et les truites arc-en-ciel. Cette toxicité est principalement due aux matières dissoutes organiques et à la présence de substances toxiques prioritaires telles que les acides résiniques.
>
> 5- L'effluent contient très peu de métaux lourds et de matières nutritives telles que le phosphore et l'azote.

6- Malgré l'application de nouveaux débits, l'usine rencontre les normes de MES et de DBO_5 du *Règlement sur les fabriques de pâtes et papiers.*»

En date du 22 juin 1989, la norme s'appliquant à la teneur en MES des effluents à été ramenée à une allocation moyenne de 10 kg/t et à une allocation quotidienne de 20 kg/t. Il semblerait que les rejets liquides de l'usine soient conformes tant pour les MES que pour la DBO_5.

3.1.3 Tributaires. - Les tributaires du fleuve Saint-Laurent ont surtout fait l'objet d'une surveillance continue de la part du MENVIQ. En vertu de la Convention Canada-Québec sur la surveillance continue de la qualité des eaux, les données sont rentées dans la banque de données NAQUADAT.

Pour les fins de ce rapport, seules les stations localisées près de l'embouchure du fleuve seront considérées. La période d'échantillonnage s'étend sur plusieurs années, mais les résultats sont difficilement comparables, à cause des diverses méthodes analytiques qui ont été employées. On ne s'est servi que des données de 1985 et 1986, obtenues à partir de 10 à 20 échantillons par année, répartis sur les quatre saisons.

Dans le but d'identifier les paramètres problématiques dans les tributaires, une comparaison du critère de qualité le plus restrictif du MENVIQ avec la moyenne des données sera faite pour chacun des paramètres. Si le critère le plus sévère est respecté, tous les usages de l'eau seront possibles sans restriction.

Les tributaires du lac Saint-Pierre ont déjà été décrits du point de vue de la superficie du bassin versant et de leur débit (tableau 1).

Du côté nord, seules les rivières Maskinongé, du Loup, et Bayonne ont été échantillonnées (1985), et les paramètres suivants, analysés : fer (Fe), cuivre (Cu), zinc (Zn), cadmium (Cd) et plomb (Pb). Les limites de détection pour le cuivre, le cadmium et le plomb sont supérieures aux critères de qualité. Faute de données suffisantes, nous en sommes réduits à évaluer qualitativement ces tributaires. Les trois rivières pourraient présenter des problèmes de contamination par le fer. La présence de BPC a été rapportée pour la rivière Bayonne (MENVIQ, 1985). Ce même rapport souligne la présence de métaux dans les rivières suivantes : Chaloupe (Fe), Yamachiche (Zn), Petite Yamachiche (Cu, Cd, Fe, Zn, Cr). Cette dernière

devrait faire l'objet d'un suivi plus régulier, puisqu'il y a une entreprise de revêtement et de traitement de surface à Yamachiche qui pourrait contribuer à sa contamination.

Du côté sud, les teneurs en nickel et en cadmium sont toujours sous le seuil de détection. Il y a dépassement pour l'aluminium. Les moyennes (1985) demeurent cependant relativement près du critère (0,1 mg/L Al) pour les rivières Saint-François et Richelieu. Les valeurs apparaissent légèrement plus élevées pour la rivière Yamaska (moyenne [X] = 0,22 mg/L). Le MENVIQ a mesuré de fortes concentrations de cuivre (> 5,0 µg/L [LD]; critère de toxicité chronique = 2,0 µg/L) dans tous les tributaires sud du lac Saint-Pierre. Les teneurs très élevées à la station de Pierreville sur la rivière Saint-François proviennent d'une contamination. Cette possibilité exite également pour les rivières Richelieu et Yamaska.

La rivière Richelieu présente des concentrations de fer en deçà du critère de 0,3 mg/L. La moyenne de 1985-1986 (pour n = 26) atteint 0,19 mg/L. Les deux autres rivières excèdent légèrement le critère : la moyenne des concentrations de fer dans la rivière Saint-François atteint 0,56 mg/L (pour n = 29) et celle dans la rivière Yamaska est de 0,4 mg/L (pour n = 25). La teneur en plomb des rivières Richelieu, Yamaska et Saint-François se situe habituellement sous le seuil de détection (< 15 µg/L). Il faut noter que le critère de toxicité chronique est plus bas que la limite de détection (entre 1,0 µg/L et 7 µg/L). Les données de 1985-1986 pour les rivières Yamaska et Saint-François montrent des dépassements sporadiques de plomb. Les concentrations de zinc rencontrent le critère de toxicité chronique de 0,06 mg/L à quelques exceptions près.

Une estimation des charges journalières (1985-986) en cuivre, zinc et fer est présentée à la figure 7. La rivière Richelieu a habituellement les apports les plus élevés, suivie des rivières Saint-François et Yamaska. L'importance du débit est le facteur qui répartit (sauf pour le fer dans la rivière Saint-François) la contribution relative des tributaires. Les charges des rivières du nord du lac demeurent minimes en comparaison des charges de celles de la rive sud.

Les bassins versants des tributaires du fleuve Saint-Laurent accueillent plusieurs industries potentiellement génératrices de substances toxiques. Plusieurs d'entre elles occupent le bord des rivières Richelieu, Saint-François et Yamaska (tableau 7).

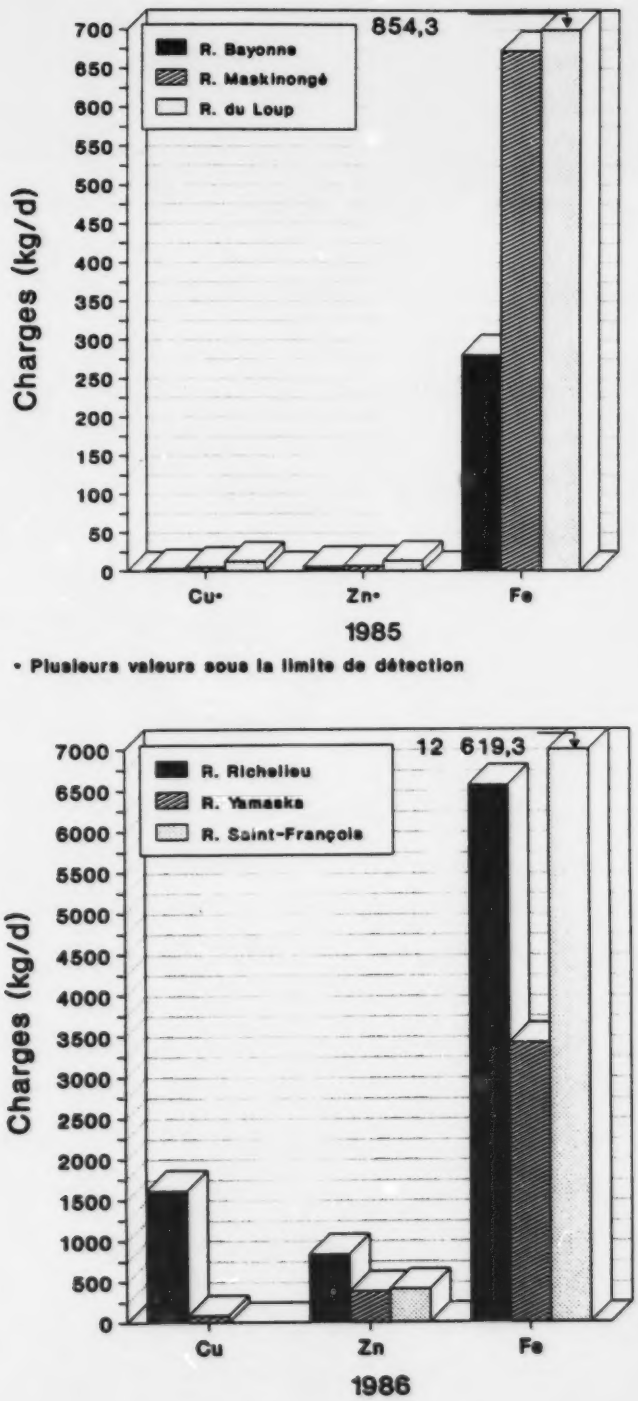


Figure 7 Charges journalières (kg/d) estimées pour les principaux tributaires du lac Saint-Pierre (1985-1986)

Tableau 7 Distribution des entreprises par secteur industriel et par tributaire du lac Saint-Pierre

	Rivières				
	Saint-François	Yamaska	Richelieu	Du Loup	Yamachiche
Pâtes et papiers	5		1	1	
Miniers, traitement des métaux, fonderies	4	4	3		
Chimie inorganique	1		3		
Métallurgie, aciérie			1 2		
Pétrochimie (aval)	9	2 6	7 1		
Revêtement et traitement de surface	9	11	10		1
Nombre tot. d'industries	**28**	**23**	**28**	**1**	**1**

Source : Entraco, 1990.

Les pesticides dans les tributaires sud du lac Saint-Pierre. - Au Québec, il y a une grande utilisation de pesticides. Le caractère agricole des régions du bassin hydrographique du lac Saint-Pierre favorise la présence de plusieurs pesticides dans ses tributaires. Parmi ces tributaires, c'est dans la rivière Yamaska, où l'activité agricole est très importante, que les concentrations les plus élevées de pesticides ont été mesurées.

Les deux principaux types de pesticides retrouvés dans le milieu aquatique sont les triazines, comme l'atrazine et ses deux produits de dégradation, l'atrazine dé-éthylé (ADE) et l'atrazine dé-isopropylé (ADI), et les acides chlorophénoxy-

acétiques tels que le 2,4-D, le 2,4,5-T et le Sylvex (Gauthier et Duval, 1986). Ces produits servent principalement à la destruction des algues dans les endroits dédiés aux activités récréatives; des usines de pompage et aqueducs municipaux les utilisent aussi pour empêcher la formation d'algues et prévenir le blocage de leur système (Gauthier et Duval, 1986).

Depuis 1976, trois campagnes d'échantillonnage ont permis de mesurer des pesticides dans deux tributaires (les rivières Yamaska et Saint-François) du lac Saint-Pierre.

Les résultats d'échantillonnage ont été traités par Gauthier et Duval (1986) pour les années 1976 à 1981, par Maguire *et al.*(1989) pour 1987 et par Forrest et Caux (1989) pour 1987 et 1988.

Gauthier et Duval (1986) ont mesuré des valeurs d'atrazine à l'embouchure des rivières Saint-François et Yamaska, en juillet 1976, 1980 et 1981, qui se situaient au-dessus du critère de qualité pour la protection de la vie aquatique (2,0 µg/L). Les valeurs étaient respectivement de 6,43 µg/L, 5,10 µg/L et 3,77 µg/L.

Maguire *et al.* (1989) ont eux aussi mesuré de l'atrazine avec une technique à grand volume en 1987, mais les valeurs étaient sous les critères de qualité. Les valeurs les plus élevées variaient de 0,19 µg/L à 1,5 µg/L pour la rivière Yamaska et de 0,28 ng/L à 0,13 µg/L pour la rivière Saint-François.

Forrest et Caux (1989) ont quant à eux mesuré en 1987 et 1988 plusieurs pesticides qui dépassaient les critères de qualité pour la protection de la vie aquatique. Ces pesticides comprenaient deux herbicides, soit l'atrazine et le 2,4-DP, et cinq insecticides, soit le lindane, l'endosulfan, le diazinon, le p,p'-DDE et le p,p'-DDT. Les valeurs d'atrazine, de diazinon et de 2,4-DP ont dépassé les critères de qualité pour la protection de la vie aquatique, qui sont respectivement de (2,0, 0,08 et 4,0 µg/L). Le tableau 8 illustre les résultats qu'ils ont obtenus pour les trois paramètres qui dépassent les critères de qualité. À partir de ces données, il est possible d'illustrer la variation de 2,4-DP et de l'atrazine pour la rivière Yamaska et pour la rivière Saint-François (figure 8). On peut remarquer que les valeurs sont nettement supérieures pour la rivière Yamaska et qu'elles sont supérieures durant le mois de juillet pour les deux tributaires.

Tableau 8 Concentrations des pesticides dans les rivières Yamaska et Saint-François (1987-1988)

Tributaire	Date	2,4-DP (µg/L) [4,00]*	Atrazine (µg/L) [2,00]*	Diazinon (µg/L) [0,08]*
Yamaska	30-06-87		3,60	
	07-07-87	0,19	17,50	
	14-07-87	1,20	6,40	
	21-07-87	0,75	6,20	
	28-07-87	0,52	3,53	
	04-08-87		2,10	
	06-08-87		2,90	
	11-05-88		0,19	
	17-05-88		0,18	0,08
	24-05-88		1,00	
	21-06-88		2,10	
	28-06-88		1,20	
Saint-François	30-06-87		1,10	
	07-07-87	0,96	0,53	
	14-07-87	4,57	0,32	
	21-07-87		0,29	
	28-07-87	1,00	0,19	
	04-08-87	1,40	1,60	
	06-08-87		0,23	
	21-06-88		0,25	
	14-07-88	4,60		

Source : Forrest et Caux, 1989.

* Critère de qualité pour la protection de la vie aquatique.

Les concentrations élevées d'atrazine sont dues au fait que c'est le pesticide qui est le plus vendu dans le bassin versant de la Yamaska (41,9 p. 100 des ventes en 1982) et qu'il est utilisé exclusivement pour la culture du maïs (38 p. 100 des cultures dans le bassin) (SAGE, 1988, dans Forrest et Caux, 1989). C'est pour cette raison qu'on le retrouve principalement durant la période de culture du maïs. Il est considéré comme un pesticide qui est relativement persistant et qui possède une demi-vie aux alentours de 20 à 100 jours.

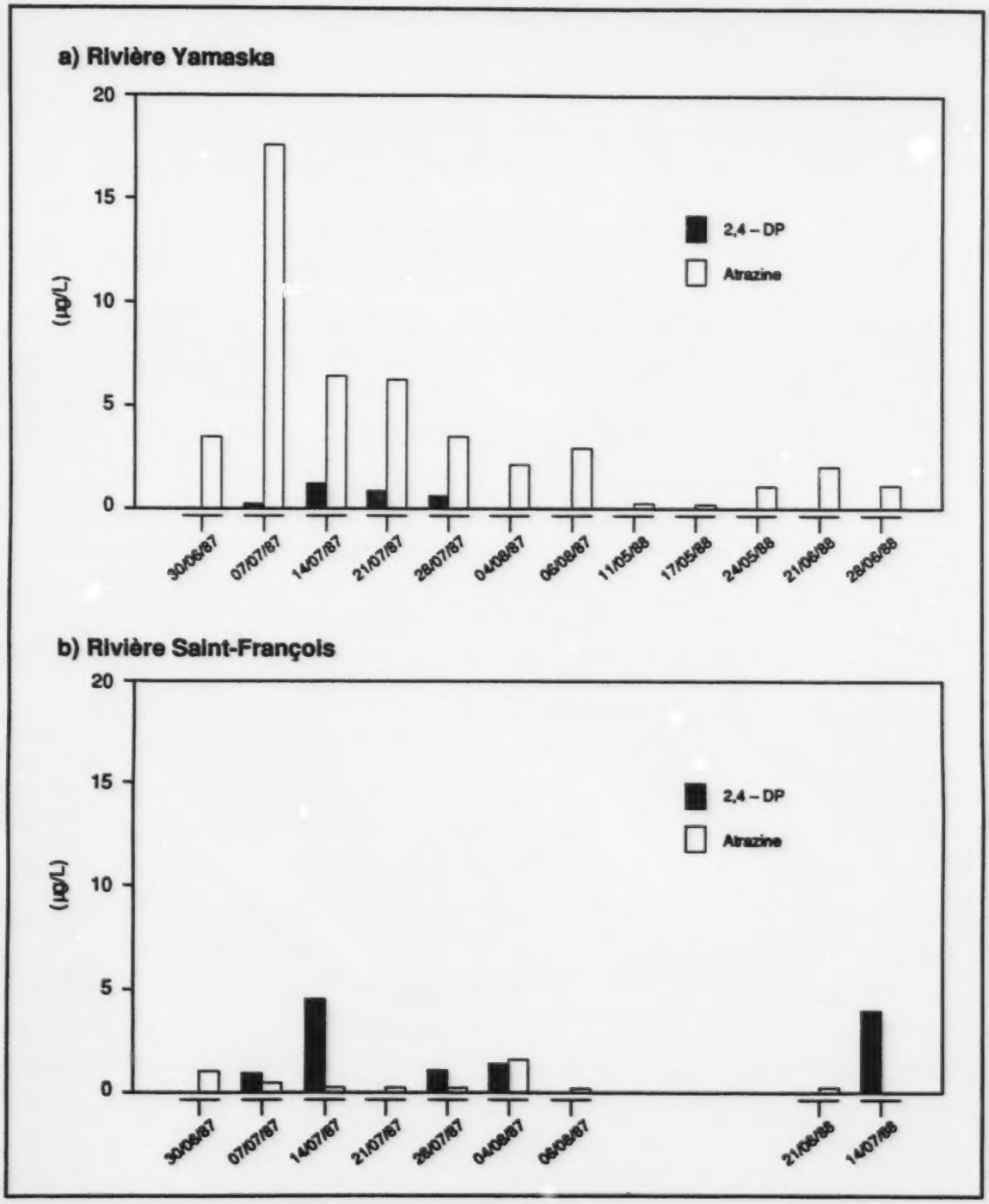


Figure 8 Variation des teneurs en 2,4-DP et en atrazine des rivières Yamaska et Saint-François (1987-1988)

Forrest et Caux (1989) ont aussi estimé pour le 7 juillet 1987 la charge d'atrazine qui pénétrait dans le lac Saint-Pierre en provenance de la rivière Yamaska. Avec un débit de 16,8 m^3/s et une concentration de 17,5 µg/L, la charge s'élevait à 25 kg/d.

On remarque donc un problème de contamination par les pesticides dans les rivières Yamaska et Saint-François.

Parmi les autres pesticides mesurés dans ces études sur l'ensemble du fleuve, mais dont les valeurs ne dépassaient pas les critères de qualité, on compte le 2,4-D, le pichlorame, le métachlore, le sylvex, le 2,4,5-T, le phosalone, le naled, l'oxydemeton-méthyl, le disulfoton et quelques autres. Les concentrations de ces produits étaient négligeables dans la rivière Yamaska.

3.1.4 Apport fluvial. - La mention «apport fluvial», fait référence à la partie du fleuve qui est située en amont de Tracy. À cette hauteur, le fleuve véhicule les eaux contaminées provenant des Grands Lacs, de la communauté urbaine de Montréal et des différents tributaires et municipalités situés en amont.

Des estimations des charges en métaux ont été établies pour l'année 1986 en utilisant les données NAQUADAT du transect Lanoraie. Plus particulièrement, une portion du volume d'eaux pluviales a été attribuée à chaque station : 10 p. 100 aux stations nord (9016) et sud (9017) et 80 p.100 à la station du chenal maritime (9027). Temporellement, les données du printemps ont été appliquées à la période de fort débit (avril-mai). La moyenne des trois autres campagnes d'échantillonnage a été répartie sur le reste de l'année. Le débit du fleuve demeure assez constant de juin à mars. Cette méthode d'estimation, lorsqu'il n'existe que peu de données, engendre un pourcentage élevé d'erreurs. Malgré les faibles concentrations mesurées, les charges obtenues sont énormes (tableau 9) à cause de l'importance du débit fluvial (11 000 m^3/s) en 1986. On retrouve par ordre décroissant le fer, le zinc, le cuivre, le nickel et le plomb.

3.2 Les sources diffuses

Il faudrait examiner trois principaux types de sources diffuses dans le cadre de la présente étude : les sources d'origine atmosphérique, souterraine et de

ruissellement. L'évaluation des apports atmosphériques pour les paramètres toxiques est encore en développement.

Nous possédons peu d'information au sujet de la qualité de l'eau souterraine. Trois principaux types de pollution peuvent en affecter la qualité : les fertilisants, les pesticides et les sites contaminés. Les informations disponibles sur les sites contaminés ont été traitées dans le rapport technique socio-économique.

Tableau 9 Estimation des charges annuelles (1986) en métaux pour le transect de Lanoraie

Paramètres	Stations de mesure			
	Nord (kg/an)	Centre (kg/an)	Sud (kg/an)	**Total** (kg/an)
Cu	69 878	617 419	55 441	742 738
Zn	109 220	899 943	68 859	1 078 022
Pb (LD = LD)	32 685	226 703	29 036	288 424
Pb (LD = 0)	26 782	108 632	8 373	143 787
Fe	16 170 885	87 460 404	13 353 170	116 984 439
Ni	50 933	478 305	59 788	589 026

Source : Asseau, 1991.

LD : Limite de détection.

Les sources diffuses associées aux eaux de ruissellement sont elles aussi grandement associées aux activités agricoles. Ces dernières peuvent engendrer des excès de matières organiques biodégradables, de particules de sol, d'éléments nutritifs, de composés inorganiques (métaux lourds) et organiques (pesticides) et de pollution microbienne.

4 CARACTÉRISATION DE LA QUALITÉ DE LA ZONE D'INTÉRÊT PRIORITAIRE

4.1 Qualité de l'eau

4.1.1 Description générale de l'eau

4.1.1.1 ***Description des données.*** - La Direction générale des eaux intérieures (DGEI) exploite régulièrement, depuis la fin des années 70, huit stations d'échantillonnage dans le lac Saint-Pierre. Trois stations, réparties en transect (du nord au sud, les stations 9016, 9017, 9027), se trouvent au niveau de Lanoraie. Une autre se situe entre l'île Dupas et l'île aux Castors (station 9018). Une cinquième station a été exploitée près de la sortie du lac, au bout de la jetée du quai du ministère de la Défense nationale à Nicolet (station 9022). Finalement, un autre transect de trois stations (9019, 9026, 9020) est situé sous le pont Laviolette près de Trois-Rivières.

En 1983-1984, cinq stations supplémentaires ont été ajoutées dans les îles de Berthier-Sorel (stations 9051 à 9054 et 9038), pour obtenir une meilleure couverture spatiale. Cet effort a été répété en 1986-1987 par l'ajout de 17 stations satellites réparties en deux longs transects traversant le lac du nord au sud (à l'ouest, les stations 9074 à 9079, et à l'est, les stations 9080 à 9085) et quelques stations dans le secteur industriel de Sorel-Tracy (9086 à 9090).

Le tableau 10 donne la liste de toutes les stations ainsi que leurs dates d'exploitation. La localisation des sites de prélèvement est illustrée à la figure 9.

4.1.1.2 ***Qualité générale de l'eau.*** - La qualité générale de l'eau sera décrite sous les rubriques suivantes : eutrophisation et stade trophique, masses d'eau, variations saisonnières et tendances à long terme. Les huit stations permanentes et, dans certains cas, les cinq stations exploitées en 1983-1984 ont servi à la caractérisation. Seuls les paramètres pour lesquels une bonne série temporelle existe ont été utilisés.

Tableau 10 ***Période d'exploitation des stations d'échantillonnage de l'eau au lac Saint-Pierre***

Stations*	Période	État
Dans le fleuve		
QU02OB9016	1969-1989	Active
QU02OJ9027	1977-1989	Active
QU02OJ9017	1977-1989	Active
QU02OG9051	1983-1988	Inactive
QU02OG9052	1983-1984	Inactive
QU02OB9053	1983-1984	Inactive
QU02OB9054	1983-1984	Inactive
QU02OJ9087	1986-1988	Inactive
QU02OJ9088	1986-1988	Inactive
QU02OJ9089	1986-1988	Inactive
QU02OJ9090	1986-1988	Inactive
QU02OB9018	1978-1987	Inactive
QU02OG9038	1983; 1987	Inactive
QU02OG9086	1986-1987	Inactive
QU02OC9074	1986-1987	Inactive
QU02OC9075	1986-1987	Inactive
QU02OC9076	1986-1987	Inactive
QU02OF9077	1986-1987	Inactive
QU02OF9078	1986-1987	Inactive
QU02OF9079	1986-1987	Inactive
QU02OC9080	1986-1987	Inactive
QU02OC9081	1986-1987	Inactive
QU02OC9082	1986-1987	Inactive
QU02OF9083	1986-1987	Inactive
QU02OF9084	1986-1987	Inactive
QU02OF9085	1986-1987	Inactive
QU02OD9022	1977-1989	Active
QU02NG9019	1955-1989	Active
QU02OD9026	1978-1989	Active
QU02OD9020	1978-1989	Active
Dans les tributaires		
PQ02OD0010	Nicolet	Active
PQ02OF0005	Saint-François	Active
PQ02OG0023	Yamaska	Active
PQ02OJ0008	Richelieu	Active
PQ02OC0003	Maskinongé	Inactive
PQ02OC0004	Du Loup	Inactive

* Stations d'échantillonnage NAQUADAT.

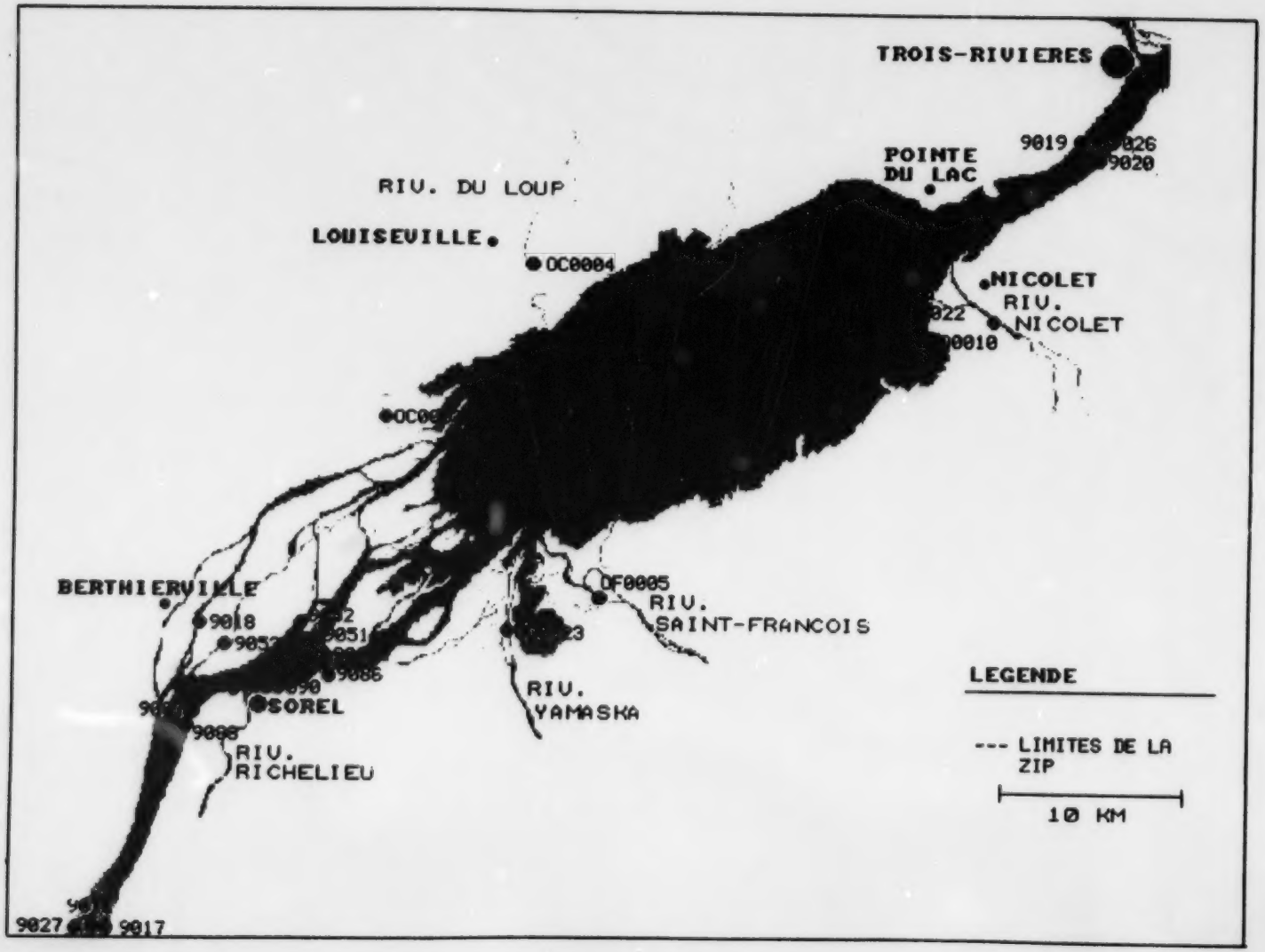


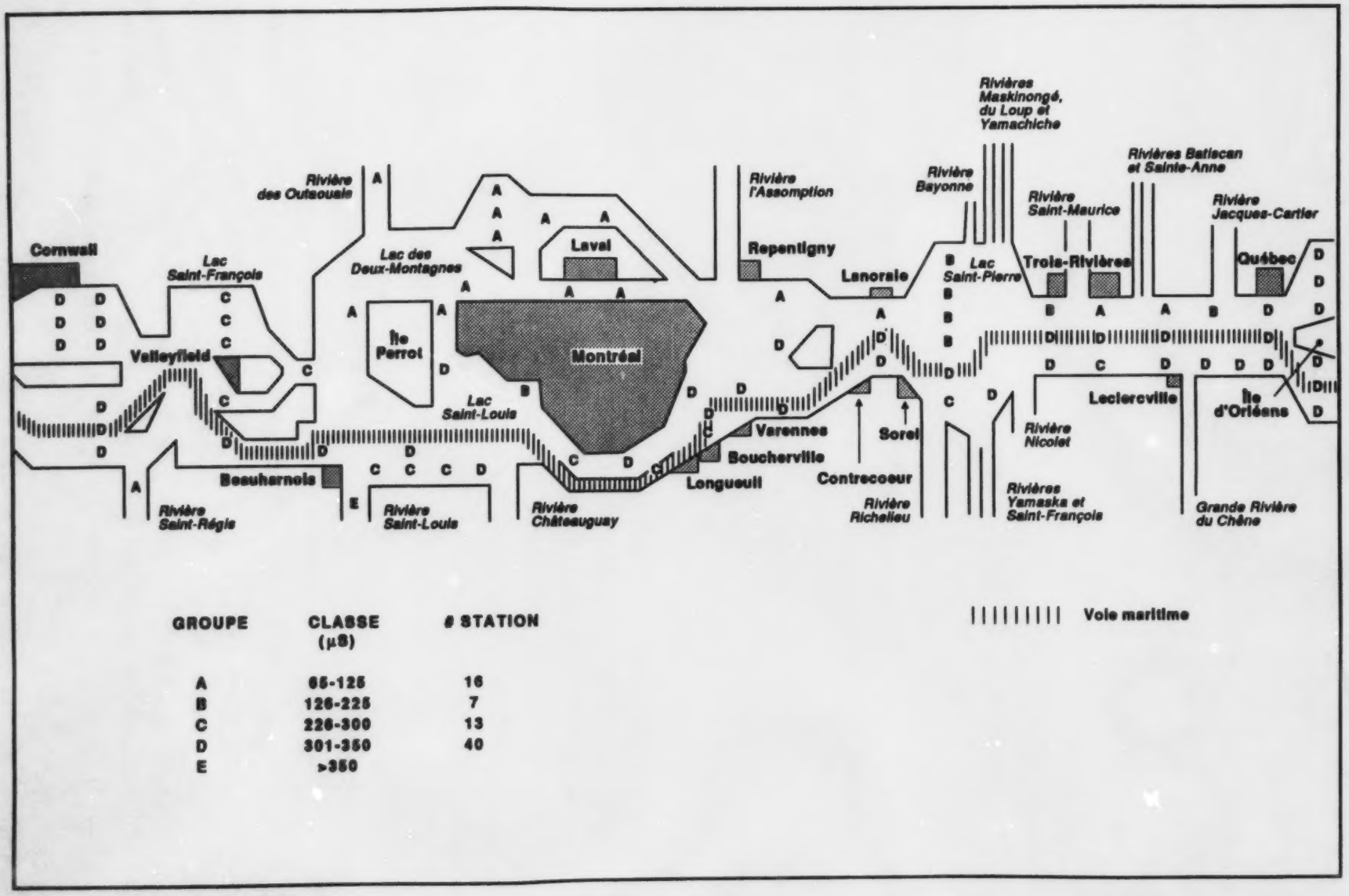
Figure 9 Localisation des stations d'échantillonnage de la qualité de l'eau du lac Saint-Pierre

4.1.1.3 ***Eutrophisation.*** - La détermination du degré d'eutrophisation du lac Saint-Pierre est difficile à effectuer, car celui-ci présente des caractéristiques hydrodynamiques qui s'apparentent plutôt au régime d'une rivière; faible profondeur, temps de séjour très court (20 heures), etc. À cause ces caractéristiques, nous ne tenterons pas de déterminer le stade trophique de cette région du fleuve Saint-Laurent. Cependant, nous avons comparé les teneurs des paramètres classiques, dont le phosphore total et les nitrites-nitrates, dans la section 4.1.2.2 (dépassement des critères de qualité).

Le rapport technique sur les communautés biologiques essaie de déterminer le niveau d'eutrophisation en se basant sur des caractéristiques biologiques du lac. Il faudrait donc y référer pour avoir une meilleure idée du degré d'eutrophisation.

4.1.1.4 ***Masses d'eau.*** - Une analyse des groupements de stations homogènes, réalisée par Désilets et Langlois (1989), permet de mettre en évidence les grandes masses d'eau du fleuve déjà décrites au chapitre 2. La distribution des groupes en fonction de la conductivité montre d'abord qu'à partir du lac Saint-Louis jusqu'en amont de Québec, des eaux vertes circulent dans la voie maritime et près de la rive sud. Du côté nord, on retrouve des eaux brunes en provenance des rivières du bouclier laurentidien. Ces masses d'eau avaient été mises en évidence par les travaux du Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent (1978) et Germain et Janson (1984). La conductivité mesurée dans les eaux brunes est faible et correspond au groupe A (figure 10). Ce sont les eaux des rivières des Outaouais et L'Assomption. Le groupe B est composé de stations avec des valeurs plus élevées, situées dans des zones de mélange des îles de Berthier-Sorel et de la sortie du lac Saint-Pierre. Les eaux vertes sont composées des groupes C et D. Le groupe D est le plus important et le plus minéralisé, et il se trouve au centre et au sud du fleuve. Le groupe C, moins minéralisé, semble ici refléter l'influence de la rivière Richelieu.

L'utilisation d'un plus grand nombre de paramètres (5) sur une plus longue période (1977-1983) permet d'affirmer que les masses d'eau sous le pont de Trois-Rivières sont moins bien définies qu'en amont à Lanoraie. Ainsi, à Lanoraie, les eaux du nord (9016) sont statistiquement différentes des eaux du centre et du sud (9027, 9017) pour la conductivité, le pH, le phosphore total et les nitrites-nitrates



GROUPE	CLASSE (µS)	# STATION
A	65-125	16
B	126-225	7
C	226-300	13
D	301-350	40
E	>350	

Source : Désilets et Langlois, 1989.

Figure 10 ***Distribution des groupes homogènes de stations pour la conductivité, d'après le modèle de El-Shaarawi et Shah (1978)***

(Désilets et Langlois, 1989). En aval cependant, la station du centre (9026) enregistre des résultats similaires à ceux de deux autres stations dans le cas de la turbidité, du pH et du phosphore total.

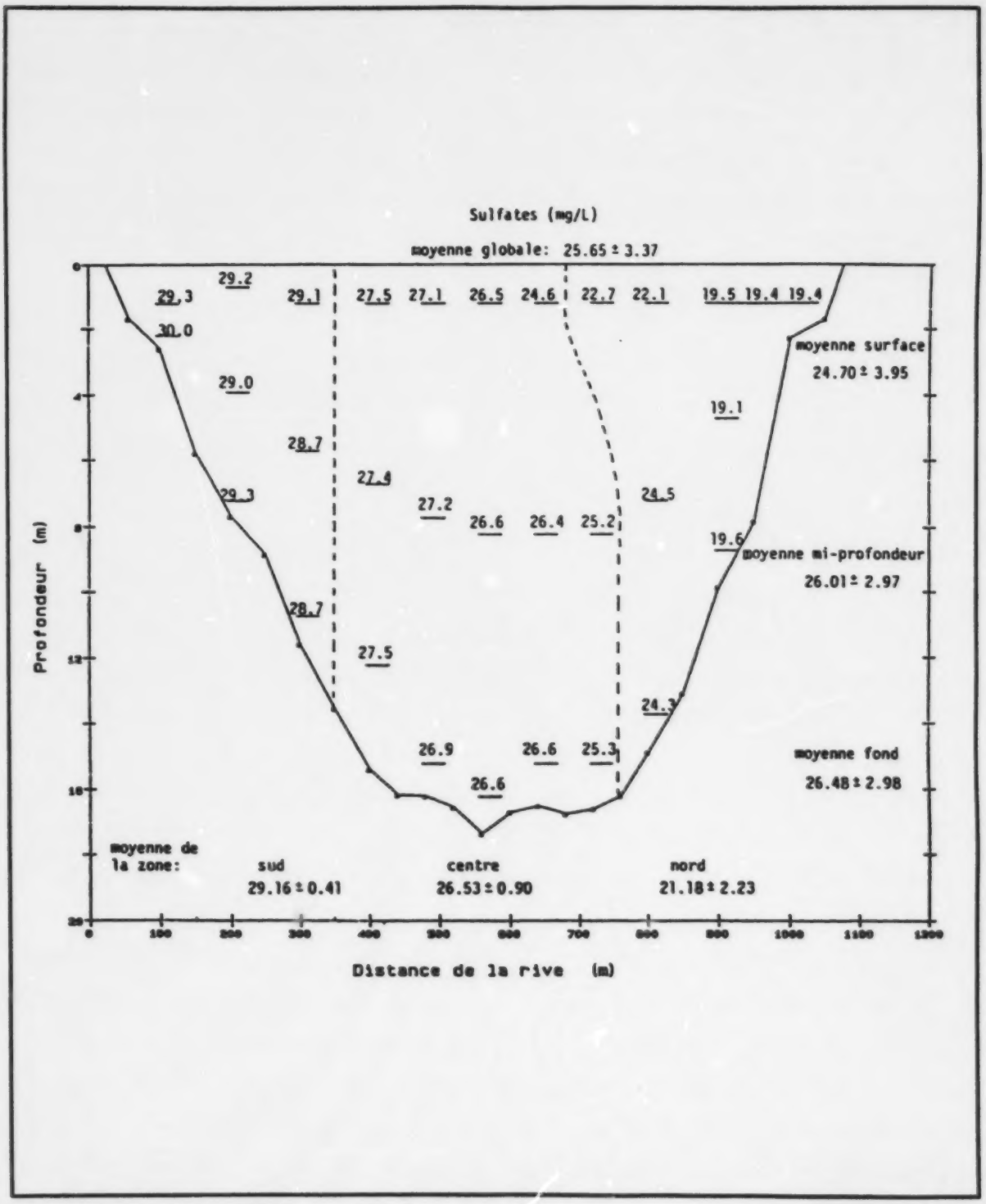
Une étude effectuée en juillet 1985 à la station de jaugeage de Lanoraie illustre bien la présence des trois fleuves.

> «Les paramètres qui peuvent mieux expliquer la variabilité latérale sont les sulfates (figure 11), l'alcalinité totale, les nitrites-nitrates (NO_2-NO_3), le magnésium, la conductivité et le plomb.» (Germain et Pham, 1989.)

Pour les autres métaux comme l'aluminium, le zinc, le nickel, le cuivre, le manganèse et le fer, les quantités retrouvées sont relativement les mêmes d'une rive à l'autre. Cette étude permet aussi d'affirmer que la qualité de l'eau de surface est similaire à celle du fond, sauf dans les cas de la turbidité, de l'aluminium, du cuivre, du manganèse et du zinc. Les paramètres analysés étaient les ions majeurs, les métaux, les NO_2-NO_3, le phosphore total, de même que les paramètres physico-chimiques.

4.1.1.5 ***Variations saisonnières.*** - L'analyse de Désilets et Langlois (1989), portant sur un échantillonnage spatial serré effectué en 1983-1984, selon une fréquence de trois visites par station, permet de mettre en évidence l'évolution temporelle des masses d'eau décrites précédemment. En résumé, la débâcle printannière et les pluies automnales diminuent l'importance des eaux vertes à cause du débit élevé des tributaires du fleuve durant ces saisons. L'été cependant, les eaux vertes dominent et sont bien visibles jusqu'en aval du lac Saint-Pierre.

La plupart des 27 paramètres pour lesquels des données (1983-1984) ont été validées, subissent des variations saisonnières. Plusieurs paramètres montrent un comportement bi-saisonnier pour l'ensemble de l'année. Dans presque tous les cas, c'est le printemps qui se démarque par une augmentation des valeurs à cause de la charge générée par la fonte des neiges et le ruissellement. Ce phénomène se produit dans le cas de la conductivité, la couleur, la turbidité, les matières en suspension (MES), le sodium, les sulfates, le phosphore, le manganèse, le fer et le nickel (Désilets et Langlois, 1989). Les valeurs maximales de conductivité, de sulfates et de sodium surviennent cependant en hiver. L'étude de Cluis *et al.* (1990) concorde assez bien pour les paramètres mentionnés ci-haut, à l'exception du manganèse et



Source : Germain et Pham, 1989.

Figure 11 Coupe transversale des teneurs en sulfates du fleuve Saint-Laurent au niveau de Lanoraie (1985)

du nickel qui subissent peu de variation (tableau 11). Le cuivre, le plomb et le zinc montrent une variation saisonnière à la station 9026. Pour le zinc, cette observation est également valable aux stations 9016, 9017, 9020 et 9027, et pour le plomb, à la station 9019. C'est aussi le cas des BPC à deux stations voisines, situées au sud de Lanoraie (9027 et 9017).

Les nitrites-nitrates sont le seul paramètre qui varie à toutes les saisons. Ce phénomène s'explique par la productivité biologique. Comme ce sont des éléments nutritifs pour les plantes aquatiques, les concentrations les plus faibles sont mesurées en été, alors que la productivité biologique est à son maximum, tandis que les concentrations les plus fortes sont observées en hiver (Désilets et Langlois, 1989).

4.1.1.6 ***Tendances à long terme.*** - L'évaluation des tendances à long terme n'a été effectuée par Cluis *et al.* (1990) que sur quelques paramètres et stations pour lesquels les séries statistiques nécessaires étaient disponibles (1978-1988). Un seul paramètre, les nitrites-nitrates (tableau 11), montre une tendance significative à toutes les stations. L'augmentation observée correspond à un phénomène qui s'étend aussi aux Grands Lacs, plusieurs auteurs ayant déjà signalé cette tendance à la hausse dans les Grands Lacs supérieurs (Stevens *et al.*, 1985; Chan et Perkins, 1983), la rivière Niagara (Kuntz, 1987), le lac Ontario entre 1969 et 1983 (Great Lakes Water Quality Board, 1985) et la rivière des Outaouais entre 1971-1984 (Ottawa River Committee, 1985). Selon Désilets *et al.* (1988), l'utilisation accrue des engrais en agriculture et l'accroissement des élevages de porcs et de bovins semblent être les principales causes de l'augmentation des concentrations en nitrites-nitrates observée entre 1978 et 1986 dans plusieurs tronçons du fleuve. Dans le bassin des Grands Lacs, on l'attribue aussi aux dépôts atmosphériques associés aux précipitations acides (Commission mixte internationale, 1987).

Pour l'ensemble du fleuve, Désilets *et al.* (1988) ont observé des diminutions de phosphore entre 1969 et 1978. Ils expliquent ces baisse en les comparant à des observations similaires rapportées pour les Grands Lacs et attribuées aux réductions des charges municipales dans ces régions. Ces diminutions peuvent également être attribuées à la nouvelle législation sur la réduction des phosphates dans les détergents. Cependant, entre 1978 et 1988, aucune tendance n'a été relevée par Cluis *et al.* (1990)

Tableau 11 ***Variations saisonnières (A) et tendances à long terme (B) de certains paramètres de qualité de l'eau du lac Saint-Pierre***

	A. Stations et paramètres saisonniers (1978-1988)								B. Tendances monotones croissantes (+) ou décroissantes (-) de 1978 à 1988 sur des paramètres choisis					
Para	9016	9017	9019	9020	9026	9027	9018	9022	9016	9017	9019	9020	9026	9027
Coul	**	**	**	**	ns	ns	ns	?	ns	++	ns	ns	ns	ns
Con.	**	ns	**	**	**	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Tur.	**	**	**	**	ns	**	**	ns	ns	++	ns	ns	++	ns
COT	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns						
NO_{2-3}	**	**	**	**	*	**	**	ns	++	++	++	++	++	++
Alc.	**	*	*	**	**	*	*	**	ns	+	ns	ns	ns	ns
pH	**	ns	**	*	*	**	ns	ns	ns	++	ns	+	++	+
MSS	**	**	**	**	ns	*	**	ns						
Dur.	**	ns	*	**	**	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Na	**	**	**	**	**	**	*	?						
Mg	**	ns	**	**	**	**	**	?	ns	+	ns	ns	ns	ns
P	**	**	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	–
SO_4	**	ns	*	**	**	**	ns	?	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cl	**	**	**	**	**	**	ns	?	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K	ns	ns	ns	*	**	ns	ns	?						
Ca	**	ns	**	**	**	**	ns	?	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	*	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns						
Fe	**	**	**	**	ns	**	**	*						
Ni	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns						
Cu	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns						
Zn	**	*	ns	**	**	**	ns	ns						
Pb	ns	ns	**	ns	**	ns	ns	ns						
LIN	ns	ns	pd	pd	pd	ns	**	?						
α-BHC	ns	ns	pd	pd	pd	ns	ns	?						
BPC	**	ns	pd	pd	pd	**	ns	?						

Source : Cluis *et al.*, 1990.

Légende : pd pas de données; ns non significatif; ? données insuffisantes;
* significatif à 10 p. 100; ** significatif à 5 p. 100;
+ significatif à 10 p. 100 et coefficient positif; ++ significatif à 5 p. 100 et coefficient positif;
- significatif à 10 p. 100 et coefficient négatif; – significatif à 5 p. 100 et coefficient négatif.

dans les stations du lac Saint-Pierre sauf dans la voie maritime, en amont, où une diminution a été enregistrée (tableau 11).

C'est surtout entre 1969 et 1978 que des tendances ont été observées pour l'ensemble du fleuve par Désilet *et al.* (1988). Depuis 1978, la plupart des séries statistiques traitées n'affichent aucune tendance significative, mis à part le pH et les nitrites-nitrates, qui montrent une tendance à l'augmentation, et le phosphore, qui montre une tendance à la baisse.

Deux stations de la ZIP du lac Saint-Pierre enregistrent des augmentations de pH : la station 9017 dans les eaux vertes et la station 9026 à la sortie du lac dans les eaux de mélange. Ces deux mêmes stations se caractérisent aussi par une augmentation de la turbidité. De plus, la station 9017 montre une augmentation de la couleur.

Un autre paramètre émerge des travaux de Désilet *et al.* (1988). Il s'agit des sulfates dont la concentration diminue dans les eaux brunes de la rivière des Outaouais à cause d'une réduction des rejets industriels. Cette tendance ne s'observe pas dans la ZIP du lac Saint-Pierre, où ce paramètre demeure stable à toutes les stations (1978-1988).

Les autres paramètres analysés statistiquement, la conductivité, la dureté, le magnésium (sauf à la station 9017), le SO_4, les chlorures et le calcium, demeurent constants de 1978 à 1988 à toutes les stations (tableau 11).

Si l'on fait une comparaison avec les tendances observées à la sortie du lac Ontario entre 1977 et 1983, il semble étonnant que des diminutions aussi significatives que celles des chlorures (0,36 mg\L\an) et du sodium (0,15 mg/L/an) (Sylvestre *et al.*, 1987) aient passé inaperçues. Aucune des deux études traitant des tendances à long terme des données NAQUADAT ne signale cette diminution au lac Saint-Pierre.

> «Quant aux substances toxiques présentes dans les eaux de surface, les séries chronologiques disponibles pour les métaux (cadmium, nickel, plomb, zinc, cuivre, manganèse) et les polluants organiques (BPC, pesticides organochlorés) sont encore trop courtes pour permettre une analyse des tendances temporelles.» (Désilets et Langlois, 1989.)

4.1.2 Comparaison avec les critères de qualité de l'eau

4.1.2.1 ***Critères de qualité.*** - Pour déterminer la qualité de l'eau, une simple comparaison des résultats avec les critères de qualité pour les divers usages sera effectuée, faute de méthode intégratrice. Les critères de qualité du ministère de l'Environnement du Québec (MENVIQ, 1990a) ont été retenus de préférence à ceux du Conseil canadien des ministres des Ressources et de l'Environnement (CCMRE, 1987) pour les raisons suivantes :

a) les critères du MENVIQ reposent exclusivement sur des considérations environnementales et non sur des facteurs comme la limite de détection ou des facteurs socio-économiques parfois introduits par Santé et Bien-être social Canada ou l'U.S. Food and Drug Administration;

b) l'existence d'un critère distinct pour la contamination d'organismes aquatiques qui vise la protection de la santé humaine;

c) le vaste choix de paramètres qu'offre le MENVIQ, leur constante mise à jour et l'ajout perpétuel de nouveaux paramètres;

d) le souci d'uniformité avec les travaux d'interprétation de la qualité de l'eau des tributaires du fleuve Saint-Laurent actuellement en voie de réalisation à la Direction de la qualité des cours d'eau du MENVIQ.

Il est à noter que les critères du CCMRE et du MENVIQ sont très semblables, puisqu'ils reposent sur le même genre de revue de la documentation. Les critères de toxicité chronique sont particulièrement apparentés.

La version officielle des critères de qualité de l'eau douce et de l'eau salée du MENVIQ sera diffusée sous peu. Les critères et leurs usages correspondants pour la liste des substances prioritaires retenues par le Centre Saint-Laurent (CSL) figurent au tableau 12. Voici une brève description des différentes catégories telles qu'énoncées par le MENVIQ (1990a):

> «*Eau brute* : Un objectif pour l'eau brute est la concentration aqueuse d'un produit à ne pas dépasser dans le milieu pour préserver à long terme les usages (alimentation en eau et consommation d'organismes aquatiques) reliés à la santé humaine.
>
> *Contamination d'organismes aquatiques* : Le critère de contamination d'organismes aquatiques correspond à la concentration aqueuse d'une substance à laquelle les organismes aquatiques peuvent être exposés sans qu'ils bioaccumulent le polluant jusqu'à des niveaux nuisibles à la santé humaine.

Toxicité chronique : Le critère de toxicité chronique est la concentration à laquelle les organismes et leur progéniture peuvent être exposés indéfiniment sans effets néfastes.

Baignade : Le critère de baignade vise à protéger les activités récréatives où tout le corps est régulièrement en contact avec l'eau, comme dans le cas des baigneurs.

Activités récréatives : Le critère général de récréation vise à protéger les autres activités comme la navigation de plaisance, le canotage, la pêche, etc. au cours desquelles le corps est en contact moins fréquent avec l'eau.»

Tableau 12 ***Liste des substances prioritaires et critères de qualité d'eau douce pour divers usages de l'eau***

	Critères de qualité d'eau douce				
Substances	Contamination d'organismes aquatiques (mg/L)	Toxicité chronique (mg/L)	Baignade (mg/L)	Activités récréatives (mg/L)	Eau brute (mg/L)
Aluminium		0,1		0,2	
Cadmium		0,0002<X<0,0018	0,01	0,005	
Cuivre		0,002<X<0,004	1,00	<1,0	
Mercure	1,46E-04	6,00E-06	0,001	1,44E-04	
Nickel	0,1	0,1	0,25	0,0134	
Sélénium		0,001	0,01	0,01	
Arsenic	1,75E-05	0,05	0,05	2,2E-06	
Chrome	3433	0,002	0,05	0,05	
Fer		0,3		0,05	
Manganèse			0,5	0,01	
Plomb		0,001<X<0,007	0,05	0,02	
Zinc		0,06	5,0	5,0	
BPC totaux	7,90E-08	1,00E-06		7,9E-08	
Benzène	0,04	0,06		6,6E-04	
Phénols totaux	0,23	2,56		0,3	
2,4,6-trichlorophénol	0,0015	0,018		0,0012	
Pentachlorophénol		5,00E-04		0,01	
Guaïacol (ou méthoxyphénol)					
Dichloroguaïacol					
Trichloroguaïacol					
Tétrachloroguaïacol					

Tableau 12 (suite)

Substances	Critères de qualité d'eau douce				
	Contamination d'organismes aquatiques (mg/L)	Toxicité chronique (mg/L)	Baignade (mg/L)	Activités récréatives (mg/L)	Eau brute (mg/L)
1,1-dichloroéthylène	1,85E-03			3,3E-05	
1,2-dichloroéthylène				0,07	
Trichloroéthylène	8,07E-02	0,094		2,7E-03	
Tétrachloroéthylène	8,85E-03	0,26		8,0E-04	
Tétrachlorure de carbone	6,94E-03			4,0E-04	
Hexachlorobutadiène	0,05	1,00E-04		4,5E-04	
Hexachlorocyclopentadiène		4,50E-04		0,001	
Trichlorométhane (ou chloroforme)	0,0157	1,24		1,9E-04	
Acénaphtylène					
Acénaphtène		0,52		0,02	
2-chloronaphtalène				0,01	
1-méthylnaphtalène					
2-méthylnaphtalène					
1,2,3,4-tétrahydronaphtalène					
Phénanthrène					
Benzo (*b*) fluoranthène					
Benzo (*k*) fluoranthène					
Fluoranthène	0,054			0,042	
Fluorène					0,05
Pyrène					
Benzo (*a*) pyrène	3,11E-05	1,00E-5			2,8E-06
Indéno (1,2,3-*cd*)					
Benzo (*ghi*) pérylène					
Indène					
Naphtalène		0,029			0,01
Anthracène					0,05
Chrysène					
Benzo (*a*) anthracène					
Dibenzo (*a,h*) anthracène					
Aldrine-dieldrine		1,0E-06			
Chlordane	4,80E-07	4,30E-06			4,6E-07
Endosulfan	0,159	2,00E-05			0,074
DDT et métabolites	2,40E-08	1,00E-06			2,40E-08
Endrine		2,30E-06		0,2	2,0E-04
Hexachlorobenzène (HCB)	7,40E-07	4,3E-04			7,2E-07
α-Hexachlorocyclohexane (α-BHC)	3,10E-05	1,00E-05			9,20E-04
γ-Hexachlorocyclohexane (γ-BHC)	6,25E-05	1,00E-05			1,86E-05
Mirex		1,00E-06			4,00E-05
Atrazine					0,0075
Diazinon		3,00E-06			0,014
Dibutyl-phtalate (DBP)	154	0,004			34,0
Diéthyl-phtalate	1800	0,0002			350
Di(éthyl-exyl)phtalate					
Dioctyl-phtalate					

Tableau 12 (suite)

Substances	Critères de qualité d'eau douce				
	Contamination d'organismes aquatiques (mg/L)	Toxicité chronique (mg/L)	Baignade (mg/L)	Activités récréatives (mg/L)	Eau brute (mg/L)
Liste complémentaire					
Monochlorobenzène	0,015	0,071			0,003
1,2-dichlorobenzène	2,50E-03	7,00E-03			0,0003
1,4-dichlorobenzène	4,00E-03	0,015			0,0001
1,2,4-trichlorobenzène	5,00E-04	0,017			
1,2,3,4-tétrachlorobenzène	1,00E-04	4,30E-03			
Pentachlorobenzène	3,00E-05	1,50E-03			0,074
HAP totaux	3,11E-05				2,8E-06
Benzo (2) pyrène					
Heptachlore	2,90E-07	3,80E-06		0,1	2,8E-07
Méthoxychlore		3,00E-05			0,03
Dioxines (2,3,7,8-TCDD)	1,40E-11	1,00E-06			1,3E-11
Phtalates		2,00E-04			
Coliformes fécaux			200/100 mL	1000/100 mL	1000/100 mL
Fluorures					1,0
Nitrites		<0,02		1,0	1,0
Nitrates		<40,0		10,0	10,0
Nitrites-nitrates					10,0
Sulfates					250,0
Sulfures (H_2S)		0,002	0,05		<0,05
Solides dissous totaux					<500
Turbidité			10 UTJ	25 UTJ	0,1 UTN
Chlorures		230,0	200,0	200,0	250,0
Azote ammoniacal total		varie avec le pH			0,5
2,4-D		0,004			0,07
Césium-137		50 Bq/L			5,0 Bq/L
Iode-131					
Radium-226		1,0 Bq/L			
Strontium-90		10,0 Bq/L			
Tritium		40 000 Bq/L			

Source : Valeurs tirées de *Critères de qualité d'eau douce.* Rapport préliminaire n° EMA88-09, ministère de l'Environnement du Québec, 1990a.

Il faut remarquer qu'à l'exception des métaux, il existe peu de critères de qualité pour la baignade et les activités récréatives.

Le critère de qualité le plus restrictif sera d'abord considéré dans les comparaisons qui suivent. Si le critère le plus sévère est respecté, tous les usages de l'eau seront possibles sans restriction.

4.1.2.2 *Dépassement des critères de qualité*

PARAMÈTRES "CLASSIQUES". - Les concentrations moyennes des paramètres classiques mesurées entre 1978 et 1989 dans la région de la ZIP du lac Saint-Pierre ainsi que certains critères de qualité de l'eau sont présentés au tableau 13.

Comme on peut le constater, les teneurs en phosphore total dépassent les critères établis pour la toxicité chronique et les activités récréatives (0,03 mg/L) à plusieurs stations : au transect de Lanoraie (9016, 9027 et 9017), dans la région des îles de Sorel-Bethier (9054, 9018 et 9052), au centre du lac (9074 et 9075), sur la rive nord (9080), aux embouchures des rivières Saint-François (9085) et Nicolet (9022) et à la sortie du lac, au transect du pont de Trois-Rivières (9019, 9026 et 9020). Les teneurs en phosphore total dépassent également le critère de qualité de l'eau dans presque tous les tributaires : Yamaska (0023), Nicolet (0010), et Du Loup (0004). Les concentrations mesurées aux autres stations sont presque toutes égales aux critères de qualité d'eau. Seules les valeurs mesurées aux stations 9077, 9083 et 9084 sont inférieures aux critères, mais avec une valeur de 0,02 mg/L qui se rapproche des critères.

Les teneurs en matières en suspension dépassent également les critères de qualité d'eau à plusieurs stations réparties sur l'ensemble du lac (tableau). Les teneurs en matières en suspension sont surtout élevées aux stations des tributaires. Des valeurs dépassant les critères de qualité sont également observées aux stations situées dans la région des îles de Sorel-Berthier (9052, 9054 et 9018) et aux trois stations situées au transect du pont de Trois-Rivières (9019, 9026 et 9020).

BACTÉRIOLOGIE. - Depuis le début de l'année 1988, le MENVIQ analyse les coliformes fécaux dans les tributaires et dans certaines prises d'eau de municipalités du Québec. Grâce à ces échantillonnages, un suivi de la qualité bactériologique de l'eau du Saint-Laurent, de l'embouchure de la rivière L'Assomption jusqu'à la sortie du lac Saint-Pierre, à Nicolet, a été effectué.

Les stations d'échantillonnage sélectionnées étaient localisées aux endroits suivants : sur la rive nord, rivière L'Assomption (à Le Gardeur), fleuve Saint-Laurent (à la prise d'eau de Lavaltrie et à la prise d'eau de Berthierville), rivières Maskinongé et du Loup (à leur embouchure); sur la rive sud, fleuve Saint-Laurent (à Varennes et

Tableau 13 ***Valeurs moyennes des paramètres classiques dans les ZIP du lac Saint-Pierre de 1978 à 1989***

Stations	Nitrites-nitrates (mg/L)	Phosphore total (mg/L)	pH	M.E.S. (mg/L)	Chlorures (mg/L)	Sulfates (mg/L)
9016	0,23 (55)	**0,07** (54)	7,57 (73)	**14,96** (46)	10,37 (37)	15,83 (37)
9027	0,18 (53)	**0,04** (52)	8,05 (67)	8,16 (45)	21,17 (37)	26,03 (37)
9017	0,18 (53)	**0,04** (52)	8,01 (69)	7,85 (45)	22,81 (37)	29,24 (37)
9051	0,24 (7)	0,03 (7)	8,00 (10)	6,13 (7)	18,89 (7)	23,61 (7)
9052	0,26 (3)	**0,07** (3)	7,37 (3)	**21,41** (3)	12,10 (3)	18,07 (3)
9053						
9054	0,45 (3)	**0,08** (3)	7,37 (3)	**23,97** (3)	10,27 (3)	15,80 (3)
9087	0,25 (4)	0,03 (4)	7,94 (7)	7,00 (4)	22,95 (4)	33,88 (4)
9088	0,24 (8)	0,03 (8)	8,17 (14)	6,13 (8)	23,36 (8)	29,71 (8)
9089	0,26 (9)	0,03 (9)	7,88 (16)	9,78 (9)	23,17 (9)	35,67 (9)
9090	0,22 (8)	0,03 (8)	8,04 (14)	7,00 (8)	18,64 (8)	25,68 (8)
9018	0,21 (26)	**0,08** (28)	7,42 (32)	**14,09** (16)	11,64 (8)	17,44 (8)
9038	0,21 (14)	0,03 (12)	7,91 (19)	8,52 (13)	21,02 (9)	26,66 (9)
9086	0,26 (4)	0,03 (4)	7,93 (8)	7,67 (3)	19,53 (4)	28,08 (4)
9074	0,28 (4)	**0,06** (4)	7,97 (6)	4,75 (4)	11,70 (4)	17,00 (4)
9075	0,27 (4)	**0,05** (4)	8,04 (7)	6,50 (4)	13,45 (4)	18,95 (4)
9076	0,27 (4)	0,03 (4)	8,26 (7)	6,00 (4)	20,40 (4)	24,93 (4)
9077	0,24 (3)	0,02 (3)	8,17 (6)	7,33 (3)	21,73 (3)	27,33 (7)
9078	0,24 (3)	0,03 (3)	8,23 (6)	9,33 (3)	21,40 (3)	28,13 (3)
9079	0,25 (3)	0,03 (3)	8,13 (6)	6,67 (3)	20,00 (3)	26,83 (3)
9080	0,28 (5)	**0,05** (5)	7,69 (9)	3,00 (5)	11,18 (5)	15,40 (3)
9081	0,27 (4)	0,03 (4)	8,11 (7)	2,5 (4)	16,60 (4)	20,7 (4)
9082	0,26 (4)	0,03 (4)	8,11 (7)	4,50 (4)	21,63 (4)	26,16 (4)
9083	0,25 (3)	0,02 (3)	8,27 (6)	4,33 (3)	21,83 (3)	26,87 (3)
9084	0,25 (2)	0,02 (2)	8,33 (4)	3,00 (2)	20,65 (2)	27,00(2)
9085	0,65 (2)	**0,05** (2)	8,33 (4)	3,50 (2)	21,20 (2)	27,00 (2)
9022	0,13 (22)	**0,09** (26)	7,63 (29)	**39,44** (14)	16,60 (4)	12,98 (4)
9019	0,23 (44)	**0,07** (44)	7,76 (61)	**17,19** (37)	15,70 (28)	19,11 (28)
9026	0,19 (42)	**0,04** (4)	7,98 (57)	**10,97** (34)	19,89 (27)	25,06 (27)
9020	0,21 (44)	**0,05** (42)	7,97 (60)	**13,70** (36)	19,42 (28)	25,64 (28)
0010	0,65 (60)	**0,09** (15)	8,01 (31)	**83,25** (4)	12,89 (41)	19,97 (42)
0005	0,25 (233)	0,03 (169)	7,64 (159)	**56,56** (29)	10,86 (149)	13,35 (143)
0023	1,28 (68)	**0,22** (16)	7,93 (33)	**30,55** (11)	29,28 (38)	25,35 (37)
0008	0,34 (278)	0,03 (152)	7,70 (144)	**24,26** (19)	11,12 (181)	16,07 (169)
0004	0,21 (76)	**0,07** (23)	7,27 (6)	**31,5** (4)	6,98 (49)	7,61 (44)

Tableau 13 (suite)

Stations	Nitrites-nitrates (mg/L)	Phosphore total (mg/L)	pH	M.E.S. (mg/L)	Chlorures (mg/L)	Sulfates (mg/L)
Critères de qualité de l'eau						
Toxicité chronique		0,03	6,5 à 9,0	10,0	230,0	
Eau brute	10,0		6,5 à 8,5		< 250	< 150
Activités récréatives		0,03	5,0 à 9,0	12,62		

Remarque. - Les chiffres entre parenthèses correspondent au nombre d'échantillons.

à Contrecoeur), rivière Richelieu (à Sorel), rivière Yamaska (à Yamaska), rivière Saint-François (à Pierreville) et rivière Nicolet (à Sainte-Monique). Les autres données disponibles sur les coliformes fécaux provenaient de la banque de données fédérale NAQUADAT ou du programme Environnement-Plage du MENVIQ, pour la plage de la Base de plein air de Ville-Joie Saint-Dominique. Ces stations se répartissent comme suit : une station à Pointe-du-Lac (MENVIQ) et 13 stations du réseau national (NAQUADAT).

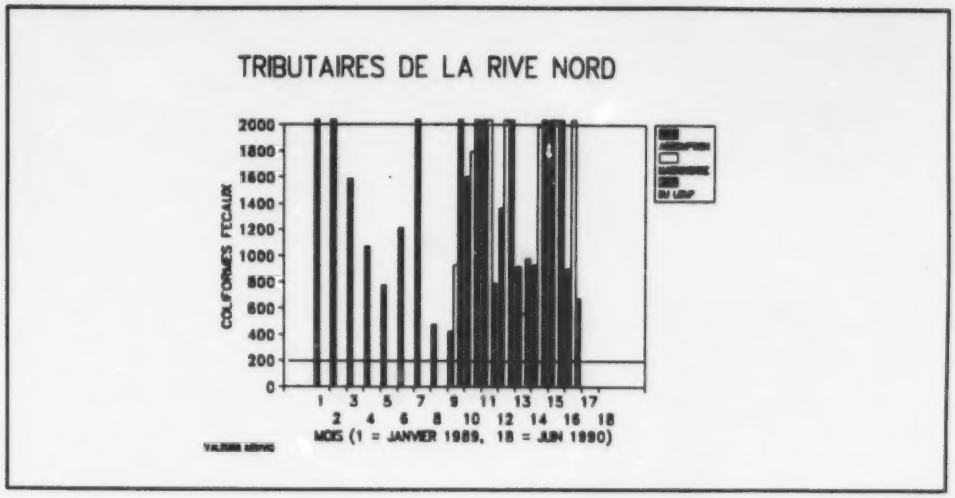
La fréquence d'échantillonnage variait avec les stations. Pour ce qui est des stations situées aux prises d'eau dans le fleuve Saint-Laurent, elles ont été échantillonnées seulement à partir de l'année 1990, tandis que les stations des tributaires ont été analysées depuis le début de l'année 1988. Pour la plage de la Base de plein air de Ville-Joie Saint-Dominique de Pointe-du-Lac, les analyses ont été effectuées à deux reprises durant les étés 1988 et 1989, tandis que pour les stations NAQUADAT les fréquences d'échantillonnage étaient réparties sur la période de 1972 à 1986 et analysées deux à trois fois par année.

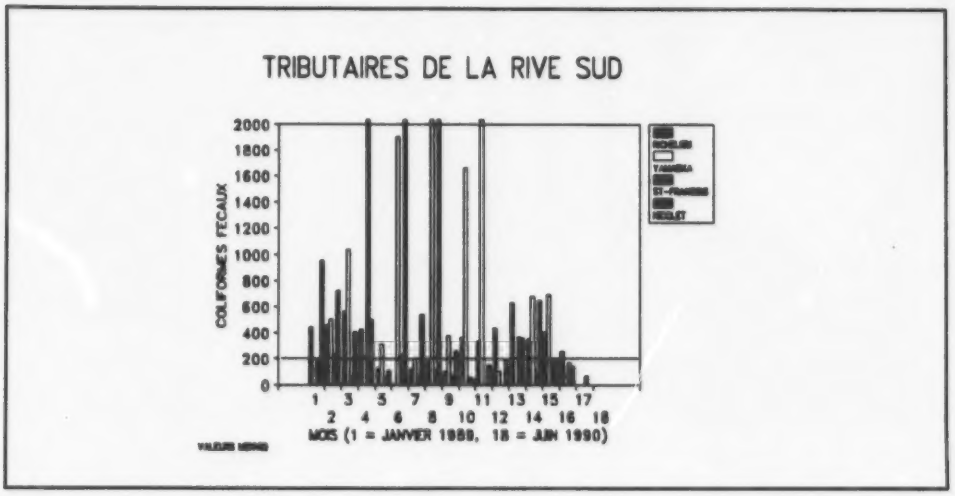
Les fréquences d'échantillonnage du MENVIQ pour les tributaires variaient durant les différents mois de l'année. Des moyennes ont été calculées pour repré-

senter les variations mensuelles, et ce, pour les deux rives du fleuve. On trouvera à la figure 12 les valeurs obtenues à partir de 1989 pour les tributaires, et les valeurs de 1990 disponibles pour les prises d'eau. Sur la rive nord, les variations des tributaires et les variations dans les prises d'eau indiquent un problème majeur de contamination pour cette partie du fleuve. Comme on peut le constater, toutes les valeurs recueillies dépassent le critère pour la baignade de 200 coliformes fécaux par 100 mL d'eau. Les valeurs mesurées dans les tributaires et surtout dans la rivière L'Assomption sont astronomiques. Des valeurs moyennes dépassant les 29 000 coliformes fécaux par 100 mL ont été mesurées dans la rivière L'Assomption. Dans les rivières Maskinongé et du Loup, des valeurs de 9325 et 10 000 coliformes fécaux par 100 mL ont été observées respectivement.

Pour la rive sud, la contamination est moins importante, et les écarts entre les valeurs sont moins élevés. Les valeurs les plus élevées se retrouvent dans les rivières Yamaska, Saint-François et Nicolet. La fréquence des dépassements de la norme de 200 c.f./100 mL dans les rivières Richelieu, Yamaska, Saint-François et Nicolet est respectivement pour chaque tributaire de 36, 81, 28 et 47 p. 100. La rivière Yamaska se démarque des autres tributaires de la rive sud avec un pourcentage très élevé (81 p. 100).

La contamination plus importante de la rive nord nous permet de poser comme hypothèse que les rivières des Prairies et L'Assomption influencent la qualité de l'eau à l'entrée du lac Saint-Pierre. Comme les valeurs mesurées dans la rivière L'Assomption sont très élevées, et comme par la suite les deux seuls tributaires qui pourraient influencer la qualité de l'eau (rivières Saint-Jean et Saint-Joseph) sont d'une importance minime, les valeurs mesurées à la prise d'eau de Berthierville sont sûrement influencées par la rivière L'Assomption, étant donné que le temps de parcours est d'environ 20 heures et que la durée de vie des coliformes est de 48 heures environ (MENVIQ, 1990b). L'Italien *et al.* (1990) ont mentionné que les trois rivières de la rive nord diminuaient fortement la qualité bactériologique des stations du fleuve sous leur influence. Ils ont aussi déterminé que la hausse importante des coliformes totaux (directement liée à la quantité de coliformes fécaux) était imputable à l'émissaire de l'île aux Vaches de la C.U.M. Près de Lanoraie, des valeurs de 6000 c.f./100 mL ont été mesurées.





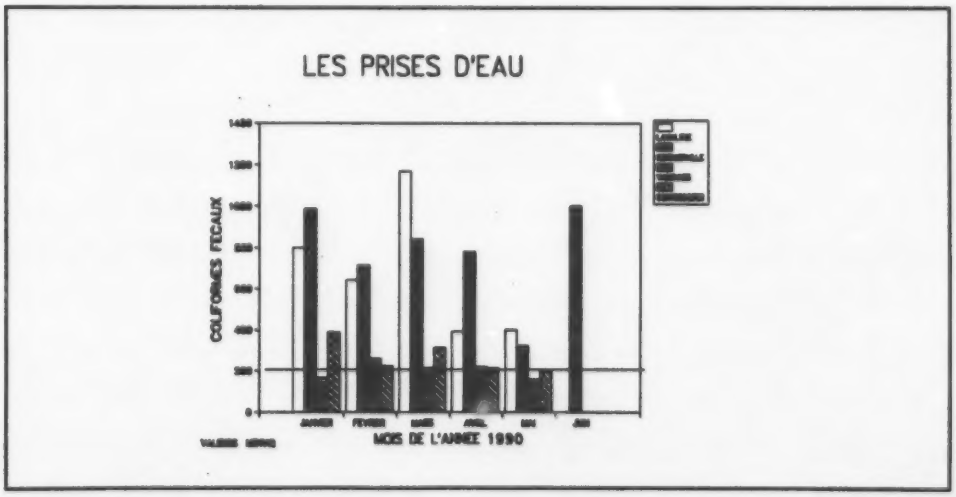


Figure 12 Variations temporelles des teneurs en coliformes fécaux des tributaires et aux prises d'eau du fleuve Saint-Laurent (1989-1990)

En 1986, la Direction générale des eaux intérieures du Québec a effectué une campagne spéciale pour déterminer la qualité bactériologique des eaux du lac Saint-Pierre. Les résultats de cette campagne sont présentés au tableau 14. La majorité des stations présente des concentrations supérieures au critère établi pour la baignade. Les amplitudes de dépassement sont très fortes à la majorité des stations qui dépassent le critère.

Tableau 14 ***Variations spatio-temporelles des concentrations de coliformes fécaux aux stations NAQUADAT du lac Saint-Pierre durant l'année 1986***

Stations	Coliformes fécaux par 100 mL d'eau	Stations	Coliformes fécaux par 100 mL d'eau
QU02OG9051	4800	QU02OF9077	70
QU02OJ9087	740	QU02OF9078	335
QU02OJ9088	1500	QU02OF9079	100
QU02OJ9089	1240	QU02OC9080	70
QU02OJ9090	2000	QU02OC9081	190
QU02OB9018	4300	QU02OC9082	3100
QU02OG9038	1500	QU02OF9083	50
QU02OG9086	700	QU02OF9084	10
QU02OC9074	130	QU02OF9085	10
QU02OC9076	4500		

Source : Base de données NAQUADAT.

Remarque. - Le critère de qualité pour la baignade est de 200 c.f./100 mL. Le nombre d'échantillons (*n*) est égal à 1 pour toutes les stations.

Plusieurs sources peuvent contribuer à la contamination du lac Saint-Pierre. La première source de contamination peut être l'émissaire de la C.U.M., qui est situé sur la frange nord de la voie maritime (L'Italien *et al.*, 1009). Le temps de parcours entre ce point de rejet et les îles de Sorel-Berthier est d'environ 24 heures, alors que la vie moyenne des coliformes fécaux peut dépasser 48 heures. Ce qui signifie que les bactéries peuvent être encore actives lorsqu'elles atteignent la ZIP. La contamination pourrait également provenir des égouts des municipalités en amont, entre Montréal et Sorel comme Repentigny et Lanoraie, qui peuvent influencer les

données des stations de la ZIP. Les municipalités de la ZIP qui rejettent directement leurs eaux usées dans le lac Saint-Pierre, Pointe-du-Lac, Berthierville, Saint-Ignace-de-Loyola, Tracy, Saint-Joseph-de-Sorel, Sorel, Saint-Pierre-de-Sorel et Sainte-Anne-de-Sorel, contribuent aussi directement à la dégradation de la qualité bactériologique de la ZIP. Il ne faut pas non plus oublier la contribution des tributaires qui drainent les eaux de territoires fortement agricoles, où il se fait beaucoup d'élevage et où les municipalités ne traitent pas toutes leurs eaux usées.

Il faut par contre interpréter les résultats de NAQUADAT avec une certaine prudence, étant donné le nombre limité de valeurs mesurées par année.

Plusieurs facteurs peuvent influencer le nombre de coliformes fécaux trouvés à une station. Une température de l'eau élevée, une faible luminosité, de fortes pluies qui favorisent le lessivage du sol ainsi que la présence de grandes concentrations d'oiseaux sont des facteurs qui augmentent le risque retrouver de grandes concentrations de coliformes fécaux dans l'eau du fleuve.

Les coliformes fécaux proviennent des organismes homéothermes (humains, mammifères, oiseaux, etc.). La présence de 200 coliformes fécaux par 100 mL d'eau, signale-t-on, se traduirait par une fréquence d'infections gastro-intestinales de 0,6 p. 100 (CCMRE, 1987). Ce paramètre est aussi un indice de la présence d'organismes entéropathogènes (MENVIQ, 1990b). Par contre, il est impossible de déterminer le danger exact associé à la baignade dans des eaux de mauvaise qualité. Comme les eaux du lac Saint-Pierre contiennent de très grandes concentrations de coliformes fécaux, la probabilité d'y retrouver des microorganismes pathogènes est augmentée. Les activités récréatives telles que la baignade, la planche à voile, la plongée sous-marine, etc. deviennent risquées pour la santé.

Dans la présente étude, les coliformes fécaux ont été utilisés pour déterminer la qualité de l'eau parce que leur concentration dans une eau de baignade est l'indice le plus reconnu de pollution par les matières fécales. Cet indice a servi à déterminer le degré de contamination bactériologique du lac Saint-Pierre et à cerner les sources probables de ce type de contamination.

MÉTAUX. - Les paramètres pour lesquels aucun dépassement n'a été découvert et qui conséquemment ne présentent aucune restriction aux usages de l'eau sont le **sélénium** et le **nickel**.

Quelques dépassements ont été trouvés pour le **zinc**, le **cadmium** et le **mercure**. Les valeurs chevauchent cependant la limite de détection. Il est à noter que le critère de protection de la vie aquatique pour le zinc ne serait pas suffisamment sécuritaire pour protéger le bar rayé (MENVIQ, 1990a).

L'**aluminium** total dépasse systématiquement le critère le plus restrictif pour la protection de la vie aquatique (chronique).

> «On trouve en abondance des minéraux d'aluminosilicate dans tous les types de roche et dans la plupart de matériaux géologiques, notamment les argiles... Parmi les sources anthropiques d'aluminium dans l'environnement aquatique, on compte les effluents liquides des industries utilisant de l'aluminium dans leurs procédés et l'utilisation d'alun comme floculant.. Il peut également y avoir contamination de l'environnement aquatique par dépôt de l'aluminium rejeté dans l'atmosphère par des sources locales et éloignées.» (CCMRE, 1987.)

Les différentes formes qu'il peut exhiber dans les eaux de surface sont très variées et complexes.

Le critère de protection de la vie aquatique (chronique) pour le **cuivre** (0,002 mg/L) est dépassé à un moment où à un autre à toutes les stations, sauf celles du transect est (9080 à 9085). Dans le secteur des îles, on enregistre de fréquents dépassements, particulièrement dans la masse d'eau nord. Les stations situées en zone industrielle ne se distinguent pas du reste des stations des îles du point de vue des dépassements. Le transect ouest (stations 9074 à 9079) subit des dépassements sporadiques, tandis qu'ils deviennent inexistants dans le transect est.

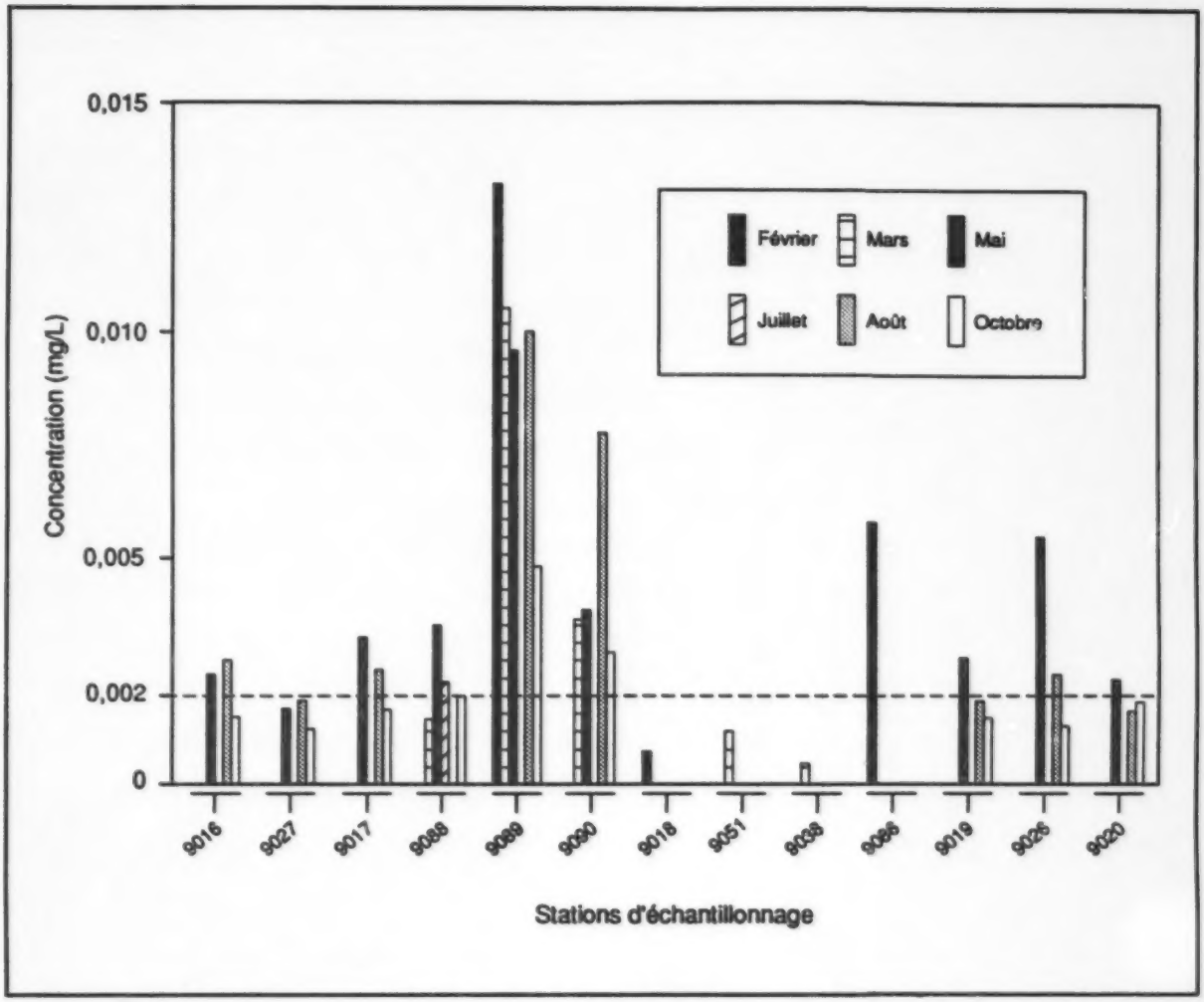
Les concentrations de **manganèse** mesurées dans le fleuve correspondent au critère d'eau brute du MENVIQ (0,01 mg/L). Étant donné qu'il s'agit d'un critère d'ordre esthétique destiné à prévenir les taches, ces concentrations ne constituent pas un problème d'ordre toxique puisqu'elles respectent les autres critères.

Les teneurs en **arsenic** s'élèvent à 0,2 µg/L à 0,8 µg/L. Les résultats apparaissent très consistants. Cela laisse supposer que ces teneurs représentent les concentrations naturelles du fleuve. Dans les Grands Lacs, des valeurs semblables ont été mesurées (0,1 à 1,2 µg/L) (Demayo *et al.*, 1979). Le critère habituellement retenu pour ce paramètre est de 50 µg/L (CCMRE, 1987) et correspond au critère de protection de la vie aquatique (chronique) et permet la consommation de l'eau. Ces deux critères sont complètement respectés dans le lac Saint-Pierre. Cependant, afin de protéger la consommation d'organismes aquatiques, le MENVIQ propose un critère de 0,0175 µg/L d'arsenic, se basant sur des recommandations de l'EPA (1980). Ce critère correspond à un risque de un cas de cancer supplémentaire associé à la présence de ce produit dans une population de 1 million d'individus. Il y a un dépassement systématique à toutes les stations et pour toutes les périodes d'échantillonnage. Les transects ouest et est du lac, échantillonnés en 1986-1987, n'ont pas été analysés pour ce paramètre.

Malgré le fait qu'il semble y avoir de grosses divergences entre les organismes gouvernementaux au sujet du critère le plus restrictif, il serait important de surveiller de près les concentrations d'arsenic dans les tissus des organismes aquatiques comestibles.

L'arsenic n'est pas bioamplifié, bien qu'il soit concentré par certains organismes aquatiques. Les formes inférieures de la vie aquatique peuvent accumuler de plus grandes quantités d'arsenic que les poissons. Les poissons les plus susceptibles de concentrer l'arsenic sont ceux qui vivent près du fond ou au fond du plan d'eau (CCMRE, 1987).

Le critère de qualité pour la baignade se chiffre à 0,05 mg/L pour le **chrome**. Il n'est jamais dépassé dans la ZIP du lac Saint-Pierre. Les organismes aquatiques, cependant, subissent une toxicité chronique (>0,002 mg/L) sporadique à la plupart des stations, surtout celles situées en bordure de Sorel et Tracy (figure 13). Il s'agit des stations 9089, 9090 et, plus en amont, 9086. Les dépassements dans ces secteurs sont systématiques et d'une amplitude qui excède de beaucoup le critère, des valeurs de plus de 0,010 mg/L ayant été mesurées. La station 9038 présentait une valeur de



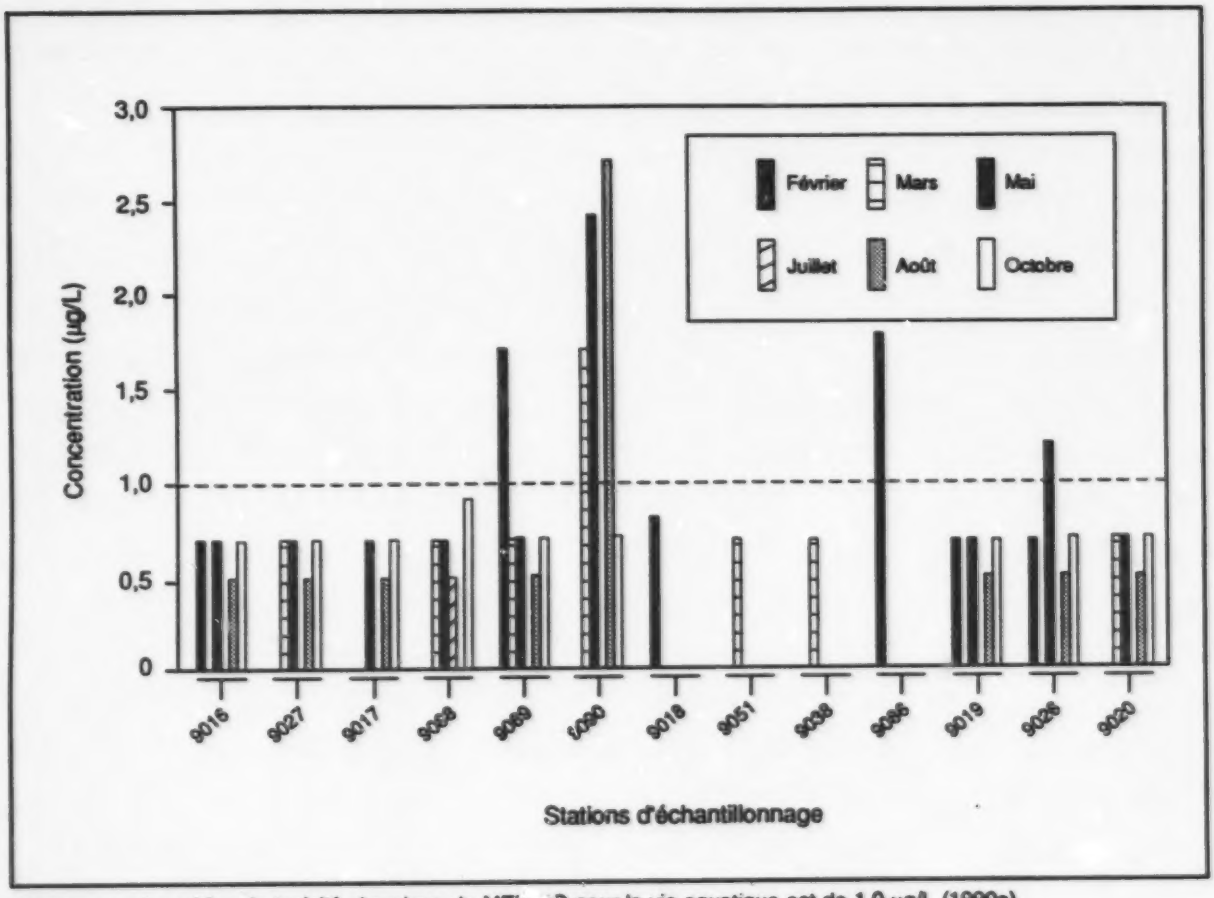
Remarque. - Le critère de toxicité chronique du MENVIQ (1990a) pour la protection de la vie aquatique est de 0,002 mg/L.

Figure 13 Variations spatio-temporelles des teneurs en chrome du lac Saint-Pierre en 1987

0,044 mg/L en 1983. Deux stations présentent des teneurs extrêmes. Il s'agit de la station 9019, sous le pont de Trois-Rivières côté nord, et de la station 9022 à l'ouest du lac. Les autres concentrations mesurées se situent près du critère de 0,002 mg/L. Cette contamination, qui est mesurée dans la presque totalité du lac et surtout dans le secteur de Sorel, est due à des sources industrielles comme QIT et Tioxide Canada.

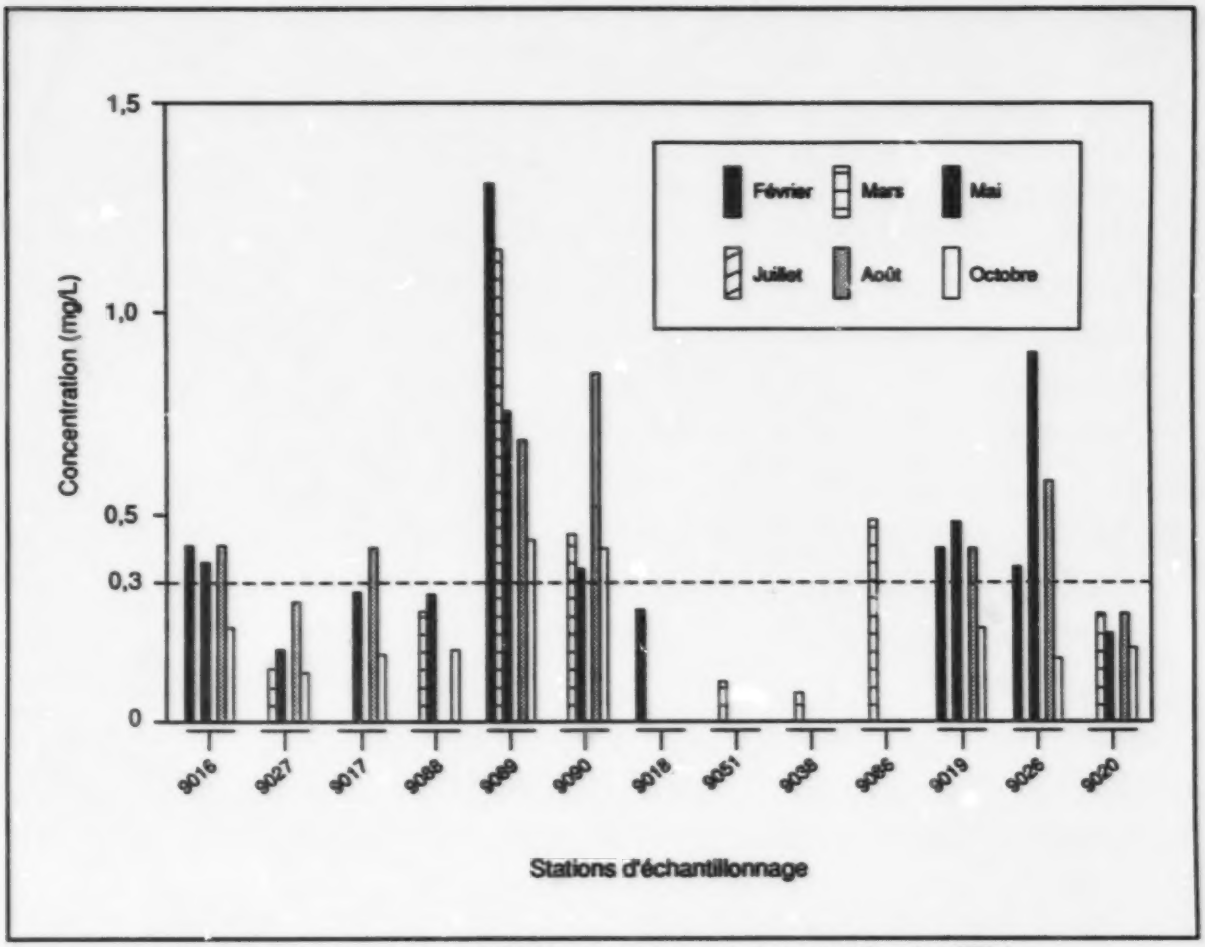
Le critère de toxicité chronique pour le **plomb** (0,001 mg/L) est dépassé à un moment ou à un autre à toutes les stations, sauf à la station 9088 sur le côté sud, en amont de Sorel. L'amplitude des dépassements était plus marquée à la fin des années 70. Les stations localisées près de la zone industrielle de Sorel-Tracy n'ont été échantillonnées qu'à partir de 1986. Les récents résultats excèdent rarement le critère de qualité (stations 9088 et 9089). Un examen de la distribution des concentrations mesurées en 1987 montre clairement qu'il y a une ou des sources ponctuelles de plomb dans la ZIP (figure 14). La station en face de Sorel (9090) de même que la station 9086, en aval le long de la berge, montrent les valeurs les plus élevées. Il n'y a aucun dépassement du critère de qualité pour la baignade (0,05 mg/L). Le plomb est un métal toxique provenant surtout d'activités humaines; il est employé dans la fabrication de piles et on le retrouve dans l'essence automobile (Désilet et Langlois, 1988).

Le critère le plus sévère pour le **fer** s'applique à l'eau potable. Lorsque les teneurs en fer de l'eau brute demeurent en deçà de 0,05 mg/L, l'eau est plus agréable à boire. Toutes les mesures effectuées à date excèdent cette valeur. De plus, la plupart des stations enregistrent des dépassements du critère de qualité pour la sauvegarde des espèces aquatiques (chronique, 0,3 mg/L) et ce, durant toute la période retenue (1978 à 1988). Seul le transect ouest (stations 9081 à 9085) n'excède pas le critère, probablement à cause de la plus grande sédimentation dans le secteur des îles et de l'association du fer aux matières en suspension. Des fréquences de dépassement de 100 p. 100 sont survenues en 1987 aux stations situées en zone industrielle (9089 et 9090) (figure 15). Les stations des îles (9052 à 9054 et 9018) excèdent le critère pour tous les rares échantillons prélevés à ces stations. Le fer est le métal naturellement le plus abondant dans le milieu aquatique, en plus d'être largement utilisé dans l'industrie. Ici, à un bruit de fond assez élevé (médianes 1978-1988 de 0,46 mg/L aux stations



Remarque. - Le critère de toxicité chronique du MENVIQ pour la vie aquatique est de 1,0 µg/L (1990a).

Figure 14 ***Variations spatio-temporelles des teneurs en plomb du lac Saint-Pierre en 1987***



Remarque. - Le critère de toxicité chronique du MENVIQ pour la vie aquatique est de 0,3 mg/L (1990a).

Figure 15 ***Variations spatio-temporelles des teneurs en fer du lac Saint-Pierre en 1987***

amont du côté nord et de 0,35 mg/L du côté sud), s'ajoutent des rejets industriels comme ceux de QIT et Tioxide Canada (LGL, 1990).

DÉTECTION D'AUTRES CONTAMINANTS ORGANIQUES. - La détection, dans les eaux de surface, de contaminants tels que les pesticides organochlorés, les BPC, les chlorobenzènes, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les phtalates et les phénols est très difficile à cause du pouvoir de dilution du milieu récepteur, des tendances hydrophobes de la plupart de ces substances, des transformations bio-chimiques qu'elles peuvent subir (exemple: HAP) et de leur transfert vers d'autres composants du milieu comme l'air, le biota et les sédiments.

Pour illustrer ce fait nous présentons au tableau 15 les résultats de six années (1981-1987) d'échantillonnage conventionnel effectué l'ensemble du fleuve Saint-Laurent, entre Cornwall et Québec. Parmi les 21 substances recherchées, seuls les deux isomères de l'hexachlorocyclohexane (α- et γ-BHC) ont été détectés à plus de 50 p. 100, soit 94 et 65 p. 100 respectivement. Tous les autres produits sont détectés dans moins de 20 p. 100 des analyses (Germain et Langlois, 1988). Avec la technique à grand volume, 18 produits sur 21 sont détectés, dont 15 à plus de 20 p. 100, contrairement à trois pour l'échantillonnage conventionnel (Germain et Langlois, 1988).

PESTICIDES ORGANOCHLORÉS. - Le **α- et le γ-BHC** sont mesurés régulièrement dans l'eau à des concentrations de l'ordre de 2,4 ng/L et 0,8 ng/L respectivement (Cluis *et al.*, 1990). Aucun résultat ne dépasse le critère le plus sévère qui protège tous les usages de l'eau, soit 31 ng/L pour le α-BHC et 62,5 ng/L pour le γ-BHC.

Les concentrations d'**endosulfan** n'excèdent jamais la limite de détection (0,4 ng/L), alors que le critère le plus restrictif se chiffre à 20 ng/L. Il n'y a donc aucun problème d'endosulfan dans l'eau du lac Saint-Pierre.

Le groupe **aldrine, dieldrine** et **endrine** ne dépasse jamais la limite de détection (échantillonnage traditionnel : 0,4 ng/L). Le critère le plus restrictif, celui de la toxicité chronique, est de 1 ng/L. La dieldrine a déjà été mesurée dans le lac Ontario

Tableau 15 ***Fréquence de détection (%) des BPC et des pesticides organochlorés mesurés selon les techniques conventionnelles et à grand volume (fractions dissoute, particulaire et totale) dans le fleuve Saint-Laurent, entre Cornwall et Québec***

Produits	Échantillonnage conventionnel (1981 - 1987)	Échantillonnage à grand volume (après 1984)		
		Fraction dissoute	Fraction particulaire	Fraction totale
	n = 357	*n* = 23	*n* = 23	*n* = 23
BPC	22	48	100	100
HCB	5	35	60	69
α-HCH	94	96	65	96
γ-HCH	65	35	17	35
β-HCH	2	39	13	52
Heptachlore	2	4	0	4
Époxyheptachlore	3	0	30	30
Aldrine	2	0	17	17
Dieldrine	5	30	13	35
α-chlordane	6	30	57	74
γ-chlordane	9	17	48	57
p,p'-DDE	11	0	39	39
p,p'-DDD	1	0	30	30
o,p'-DDD	—	9	4	13
o,p'-DDT	9	0	26	26
p,p'-DDT	10	9	44	52
Endrine	1	35	0	35
α-endosulfan	0	26	0	26
β-endosulfan	1	0	0	0
Mirex	1	0	0	0
Méthoxychlore	1	0	0	0
Moyenne générale	**13**	**20**	**27**	**38**

Source : Germain et Langlois, 1988.

— : non mesuré.

(Harris et Miles, 1975; Biberhofer et Stevens, 1985) et dans la section internationale du fleuve Saint-Laurent (Sylvestre, 1987). En 1987, les valeurs mesurées à la source du fleuve Saint-Laurent étaient d'environ 0,25 ng/L (Tsanis *et al.*, 1989). Au niveau de Lanoraie, des valeurs de l'ordre de 0,3 à 0,4 ng/L ont été trouvées dans la fraction dissoute par la Direction générale des eaux intérieures en 1986. Ce paramètre ne semble donc pas présenter un danger environnemental immédiat. Toutefois, sa présence dans les eaux du fleuve et sa toxicité incitent à un suivi régulier.

Les teneurs et les critères de qualité les plus sévères (contamination d'organismes aquatiques) des autres pesticides organochlorés se situent sous la limite de détection. Il devient donc impossible de se prononcer, si l'on considère les méthodes d'échantillonnage traditionnelles. Toutefois en 1986, les régions de Lanoraie et de Trois-Rivières ont été échantillonnées selon une technique à grand volume qui permet de baisser la limite de détection (Germain, 1987; Kaiser *et al.*, 1990). Deux groupes ont donc procédé à l'expérimentation de ce type de technique, le premier en utilisant le SEASTAR, et le deuxième, l'APLE. À la lumière de leurs résultats (tableau 16), il semble peu probable que la ZIP du lac Saint-Pierre subisse un stress dû à la présence de **HCB** et de **mirex** dans l'eau.

La seule valeur de **chlordane** total (0,29 ng/L) ne se situe pas très loin du critère de contamination d'organismes aquatiques (0,48 ng/L). Il faudrait donc vérifier les concentrations de ce produit dans les espèces comestibles. L'insecticide chlordane a été introduit au Canada en 1940 (Harris et Miles, 1975). Son utilisation s'est accrue dans les années 1970 quand l'aldrine, la dieldrine et l'heptachlore ont été bannis (Frank *et al.*, 1979). Ce produit a été interdit à son tour en 1977.

Finalement, le critère pour la consommation d'organismes aquatiques pour le **DDT et ses métabolites** étant de 0,02 ng/L, il y a tout lieu de soupçonner ce type de contamination et possiblement une toxicité chronique (1 ng/L), car des valeurs individuelles de pp-DDE, pp-DDD et pp-DDT ont été mesurées à diverses reprises avec un maximum de 0,77 ng/L pour le pp-DDT, et ce, dans la fraction dissoute seulement. Ce paramètre est à surveiller chez les espèces comestibles du lac Saint-Pierre.

Tableau 16 ***Concentrations de pesticides organochlorés mesurées en 1986 dans le lac Saint-Pierre selon deux techniques à grand volume***

		Stations (1986)													
		9016		9027		9017		9019		9026		9020			
Pesticide	Fraction	Juin	Sept.	Juin	Sept.	Juin	Sept.	Juin	Sept.	Juin	Sept.	Juin	Sept.	**243	**112
HCB	Dissoute (ng/L)	0,014	0,1	0,031	*<0,02						0,1			0,045	0,044
	Particulaire (ng/g)	1		2	*<2	2								1	2
	Totale (ng/L)	0,021		0,045										0,052	0,064
Chlordane total	Dissoute (ng/L)	0,148	*0,02	0,119										0,168	0,141
	Particulaire (Ng/g)	20	*<1		0,1	33			0,1		0,3				
	Totale (ng/L)	0,288													
α-BHC	Dissoute (ng/L)	1,3	1,2	2	2,4	1,3	0,6	1,7	*<0,02		1,9		1,8	2,6	2,8
	Particulaire (ng/g)	2		2		2			*<1					0,5	0,3
	Totale (ng/L)	1,314		2,014		1,314								2,6035	2,803
γ-BHC	Dissoute (ng/L)				0,6				*<0,02		0,5			0,88	0,79
	Particulaire(ng/g)								*<1					3	5
	Totale (ng/L)													0,901	0,84
Mirex	Dissoute (ng/L)	*<0,06												0,013	0,002
	Particulaire (ng/g)	*<5												0,7	1
	Totale (ng/L)													0,179	0,012
p,p'-DDE	Dissoute (ng/L)				*<0,02									0,46	0,033
	Particulaire (ng/g)	6	9	5	*<1	9	9							3	2
	Totale (ng/)													0,481	0,053
p,p'-DDD	Dissoute (ng/L)	0,171		0,231	*<0,04									0,057	
	Particulaire (ng/g)	10		9	*<2	27							2		
	Totale (ng/L)	0,241		0,294											
p,p'-DDT	Dissoute (ng/L)		*<0,1	0,77	0,5									0,093	
	Particulaire (ng/g)	27	*<5			6									
	Totale (ng/L)														
α-Endosulfan	Dissoute (ng/L)	0,06	0,1	*<0,06	0,1			0,2						0,06	0,062
	Particulaire (ng/g)			*<3											
	Totale (ng/L)														
Dieldrine	Dissoute (ng/L)	0,02		*<0,02	0,4		0,1	0,3		0,3		0,4		0,23	0,27
	Particulaire (ng/g)			*<2											
	Totale (ng/L)														
Endrine	Dissoute (ng/L)	0,08	0,2	*<0,08	0,1		0,1	0,2		0,1		0,2		0,064	
	Particulaire (ng/g)			*<4											
	Totale (ng/L)														

* Limite de détection.

** Station, données tirées de Kaiser *et al.*, 1990.

Remarque. - Les autres données sont tirées de DGEI, 1986.

AUTRES PESTICIDES. - Les concentrations des pesticides les plus utilisés dans les bassins de drainage des tributaires du lac Saint-Pierre ont été comparées à leur critère de qualité le plus restrictif. Aucune valeur ne dépasse le critère pour le 2,4-D, et il y a un seul dépassement pour l'atrazine.

BIPHÉNYLES POLYCHLORÉS. - Tous les résultats des analyses de BPC effectuées avec la méthode traditionnelle se situent sous la limite de détection (9 ng/L), à l'exception d'une valeur élevée mesurée à la station 9018, dans les îles du côté nord. Ces données ne nous permettent pas de conclure, étant donné que le critère de contamination des espèces aquatiques se chiffre à 0,079 ng/L.

Lors des campagnes de la DGEI (1986) et du NWRI (1986-1987), grâce aux techniques à grand volume, les limites de détection étaient passablement plus basses. Les résultats permettent d'affirmer qu'il y a un stress chronique sur la vie aquatique dû à ce paramètre et un fort risque de contamination des organismes aquatiques (tableau 17). Les valeurs apparaissent plus élevées dans la région de Lanoraie que sous le pont de Trois-Rivières, si l'on se fie aux résultats de Germain (1987). Les valeurs obtenues par Kaiser *et al.* (1990) demeurent assez uniformes entre l'entrée et la sortie du lac.

Les BPC étant présents partout dans les Grands Lacs et le fleuve Saint-Laurent à des concentrations de l'ordre de 1 ng/l, il est permis de supposer que le critère de 0,079 ng/L est systématiquement dépassé partout dans la ZIP. Conséquemment, les concentrations présentes chez les espèces comestibles devraient être surveillées de près.

Il est à noter que ce critère correspond à un risque de cancer d'une personne sur un million. De plus, si on le convertit en concentration admissible dans les tissus des organismes aquatiques, on atteint un critère de 0,0246 mg/kg (*Food Chemical News*, 1989) et non la norme de commercialisation habituellement utilisée, soit 2 mg/kg.

PHÉNOLS ET GUAÏACOLS. - Seules les concentrations de 2,4,6-trichlorophénol et de pentachlorophénol ont été examinées, les données NAQUADAT n'étant pas toutes

Tableau 17 ***Concentrations de BPC dans les fractions dissoutes et particulaires au lac Saint-Pierre (1985-1987)***

Station	Date	Teneur en matières particulaires (mg/L)	Teneur en BPC, fraction dissoute (ng/L)	Teneur en BPC, fraction particulaire (ng/g)	Teneur en BPC totale (ng/L)
9017 (Lanoraie, sud)	1986	2	2,3	100	2,5
9017 (Lanoraie, sud)	1986	3	2,3	110	2,6
9027 (Lanoraie, centre)	1986	5	1,7	80	2,1
9027 (Lanoraie, centre)	1986	5	1,0	70	1,4
9016 (Lanoraie, nord)	1986	6	1,3	60	1,7
9016 (Lanoraie, nord)	1986	3	<0,1	150	0,4
9020 (Trois-Rivières, sud)	1986	6	<0,1	40	0,2
9026 (Trois-Rivières, centre)	1986	6	1,4	40	1,6
9019 (Trois-Rivières, nord)	1986	6	<0,1	30	0,2

Source : Germain, 1987.

Station	Fraction particulaire (ng/g)				Fraction dissoute (ng/L)	
	Mai 1985	Oct. 1985	Juin 1986	Juin 1987	Juin 1986	Juin 1987
243 (Sorel)	210	300	70	160	1,40	0,90
504 (lac Saint-Pierre, ouest)	-	-	-	110	-	0,69
95 (lac Saint-Pierre, ouest)	80	180	-	-	-	-
85 (lac Saint-Pierre, r. Yamaska)	-	370	-	-	-	-
104 (lac Saint-Pierre, ouest)	-	180	-	-	-	-
112 (lac Saint-Pierre, centre)	-	400	70	140	0,73	0,86

Source : Kaiser *et al.*, 1990.

disponibles actuellement. La fréquence de dépassement pour ces deux paramètres atteignait 100 p. 100 aux stations situées en zones industrielles (9088 à 9090) en 1987. Cette situation exige une étude approfondie pour les phénols et plus particulièrement pour les chlorophénols.

D'après nos connaissances, les guaïacols n'ont jamais figuré sur une liste de paramètres analysés pour des échantillons d'eau du lac Saint-Pierre. Ces substances sont principalement retrouvées dans les effluents des fabriques de pâtes et papiers.

SUBSTANCES VOLATILES. - Seules les campagnes d'échantillonnage effectuées par le NWRI, en 1985 et 1987, ont tenté de trouver des substances volatiles dans les eaux du lac Saint-Pierre. Quelques formes excèdent les critères de qualité pour l'eau brute dans les résultats de 1985. Il s'agit du trichlorofluorométhane mesuré à 200 ng/L en aval de Sorel et dont le critère est de 190 ng/L. Le trichloroéthylène, avec une concentration de 90 000 ng/L, excède de beaucoup le critère de 2700 ng/L. Cette valeur provient de l'embouchure des rivières Saint-François et Yamaska.

Selon Kaiser et Lum (1990), ces résultats indiquent la présence de sources ponctuelles dans les bassins de ces deux rivières. Finalement, le chloroforme mesuré aux mêmes endroits excède le critère 190 ng/L avec une valeur de 580 ng/L. Les autres substances volatiles sur notre liste de priorité, comme le tétrachlorure de carbone et le tétrachloroéthylène, ne dépassent pas le critère le plus restrictif en 1985. La campagne d'échantillonnage de 1987 comptait 38 stations dans le lac Saint-Pierre. Le 1,1- et le 1,2-dichloroéthyle, le tétrachlorure de carbone, le trichloroéthylène et le tétrachloroéthylène ne dépassent pas le critère le plus restrictif. En fait, les concentrations mesurées sont de l'ordre des nanogrammes par litre (10^{-9} g/L), alors que les critères se chiffrent en microgrammes par litre (10^{-6} g/L). Le chloroforme cependant excède à quelques reprises le critère de 190 ng/L. Nous ne possédons aucune information sur l'hexachlorobutadiène et l'hexachlorocyclopentadiène.

Quelques substances volatiles méritent donc un suivi plus serré. Il s'agit du chloroforme, du trichloroéthylène et du trichlorofluorométhane. Le trichloroéthylène et le 1,1,1-trichloroéthane sont des solvants de nettoyage industriels et des produits chimi-

ques intermédiaires dans la fabrication des plastiques et des métaux. Le chloroforme est une solvant industriel de même qu'un produit intermédiaire et un sous-produit de la chloration des eaux brutes et usées. Il apparaît régulièrement dans la plupart des rejets industriels et municipaux.

HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES. - Il n'y a aucune donnée disponible sur la nature et l'étendue des HAP présents dans l'eau du lac Saint-Pierre. La probabilité de les retrouver dans l'eau est faible à cause de leur caractère hydrophobe. Ils ont été analysés cependant lors de campagnes d'échantillonnage des sédiments de fond, et les résultats sont traités dans le présent rapport (section 4.2.1).

4.1.3 Répartition de la contamination - Afin de mieux illustrer la distribution spatiale de la contamination de l'eau, les paramètres dépassant dans plus de 40 p. 100 des cas le critère le plus restrictif ont été regroupés par station (tableau 18). Les secteurs les plus touchés sont les transects amont et aval, la zone nord des îles, les stations en face de Sorel-Tracy, les îles du côté sud immédiatement en bordure de la berge et la station 9022 près de l'embouchure de la rivière Nicolet. Les transects ouest ouest et est présentent des dépassements seulement pour le fer. Le nombre de paramètres analysés de même que la fréquence d'échantillonnage sont faibles pour ces stations.

4.2 Qualité des sédiments

4.2.1 Description générale. - Les statistiques de base pour les métaux lourds et les contaminants organiques détectés dans les sédiments de la zone d'étude par Hardy *et al.* (1990a) apparaissent au tableau 19. Les BPC et les métaux lourds ont été détectés à presque toutes les stations. Parmi les 21 pesticides organochlorés (OC) analysés, seuls le DDE et l'hexachlorobenzène (HCB) ont été détectés; les six hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) analysés ont tous été détectés au moins à quelques stations; seul le fluoranthène est présent dans la majorité des stations.

Tableau 18 ***Synthèse des fréquences de dépassement supérieures à 40 p. 100 pour l'ensemble des valeurs disponibles entre 1978 et 1988***

Secteur	Station	Bactéries	Métaux	Pesticides	Autres
Amont	9016	c.f.	Al, As, Cr, Cu, Fe	(Chlordane)	
	9027	c.f.	Al, As	(Dieldrine)	(BPC)
	9017	c.f.	Al, As, Cr, Fe	(DDT)	
Indus-	9087	c.f.	Fe		Trichlorophénol
triel	9088	c.f.	As, Cr, Fe		Pentachlorophénol
	9089	c.f.	As, Cr, Cu, Fe		(BPC)
	9090	c.f.	As, Cr, Fe, Pb		
Îles	9053	n.d.	Cr, Cu, Fe		
nord	9054	n.d.	Cu, Fe		
	9018	c.f.	Al, As, Cu, Fe		(BPC)
Îles	9052	n.d.	Fe		
sud	9051	c.f.	As		(Trichlorofluorométhane)
	9038	c.f.	Al, As		(BPC)
	9086	c.f.	As, Cr, Cu, Fe, Pb		
Transect	9074		Cu, Fe		(Trichloroéthylène)
ouest	9075	c.f.	Cu, Re		
	9076	c.f.			
	9077				(BPC)
	9078	c.f.	Fe		
	9079		Fe		(Chloroforme)
Transect	9080		Fe		
est	9081				
	9082	c.f.			
	9083		Fe		(BPC)
	9084		Fe		
	9085		Fe		
	9022	n.d.	Al, Cr, Cu, Fe, Pb		(BPC)
Aval	9019	c.f.	Al, As, Cr, Cu, Fe	(Dieldrine)	
	9026	c.f.	Al, As, Fe	(Chlordane)	(BPC)
	9020	c.f.	Al, As, Cr, Cu, Fe	(DDT)	

n.d. : non déterminé.
c.f. : coliformes fécaux.
( ) : paramètres localisés par secteur; paramètres à surveiller car les quelques résultats disponibles excèdent ou égalent le critère de qualité le plus restrictif.

Tableau 19 ***Statistiques descriptives des teneurs (mg/kg) en contaminants des sédiments du lac Saint-Pierre***

	X	σ	Méd.	Min.	Max.	*V*
Métaux lourds (*n* = 36)						
As	2,64	1,22	2,39	0,29	5,70	46
Cd	<1,00	0,36	<1,00	<1,00	1,87	437
Co	17,7	8,2	15,2	10,6	45,1	46
Cr	119,7	72,4	96,7	33,3	314,0	60
Cu	47,5	32,6	35,0	3,0	123,0	69
Hg	0,14	0,11	0,12	<0,01	0,50	81
Ni	38,0	23,4	30,2	10,4	103,0	62
Pb	33,5	21,1	26,0	7,6	109,0	63
Se	0,54	0,50	0,41	<0,1	2,18	94
V	90,0	78,0	66,0	<20,0	330,0	87
Zn	148,0	65,3	136,0	44,3	329,0	44
BPC (*n* = 36)						
A1242	0,03	0,02	0,02	0,01	0,10	59
A1254	0,05	0,04	0,04	0,01	0,19	73
A1260	0,03	0,02	0,02	<0,01	0,10	77
BPC	0,11	0,07	0,08	0,02	0,31	59
OC (*n* = 36)						
HCB	0,001	0,002	<,001	<,001	0,009	258
DDE	0,003	0,002	0,002	<,001	0,007	68
HAP (*n* = 21)						
Fluor	0,26	0,23	0,20	<0,1	0,8	87
BbF	<0,1	0,13	<0,1	<0,1	0,4	149
BkF	<0,1	0,13	<0,1	<0,1	0,4	148
BaP	0,11	0,17	<0,1	<0,1	0,5	147
IcdP	< 0,1	0,09	<0,1	<0,1	0,3	281
BgPé	< 0,1	0,10	<0,1	<0,1	0,3	234
HAP	0,63	0,77	0,20	<0,1	2,7	122

Source : Hardy *et al.*, 1990a

X : moyenne.
σ : écart-type.
V : coefficient de variation.

Les concentrations moyennes et les médianes des onze métaux analysés, à l'exception du cadmium et du sélénium, sont plus élevées dans les sédiments du secteur des îles; le cuivre, le mercure, le nickel, le plomb et le vanadium affichent des moyennes supérieures de plus du double de celles enregistrées dans le lac. Les teneurs en métaux dépassent beaucoup plus souvent les critères de qualité du MEO (Persaud *et al.*, 1990) dans le secteur des îles que dans le lac. C'est surtout le cas du cuivre, du mercure, du nickel, du plomb, du vanadium et du zinc.

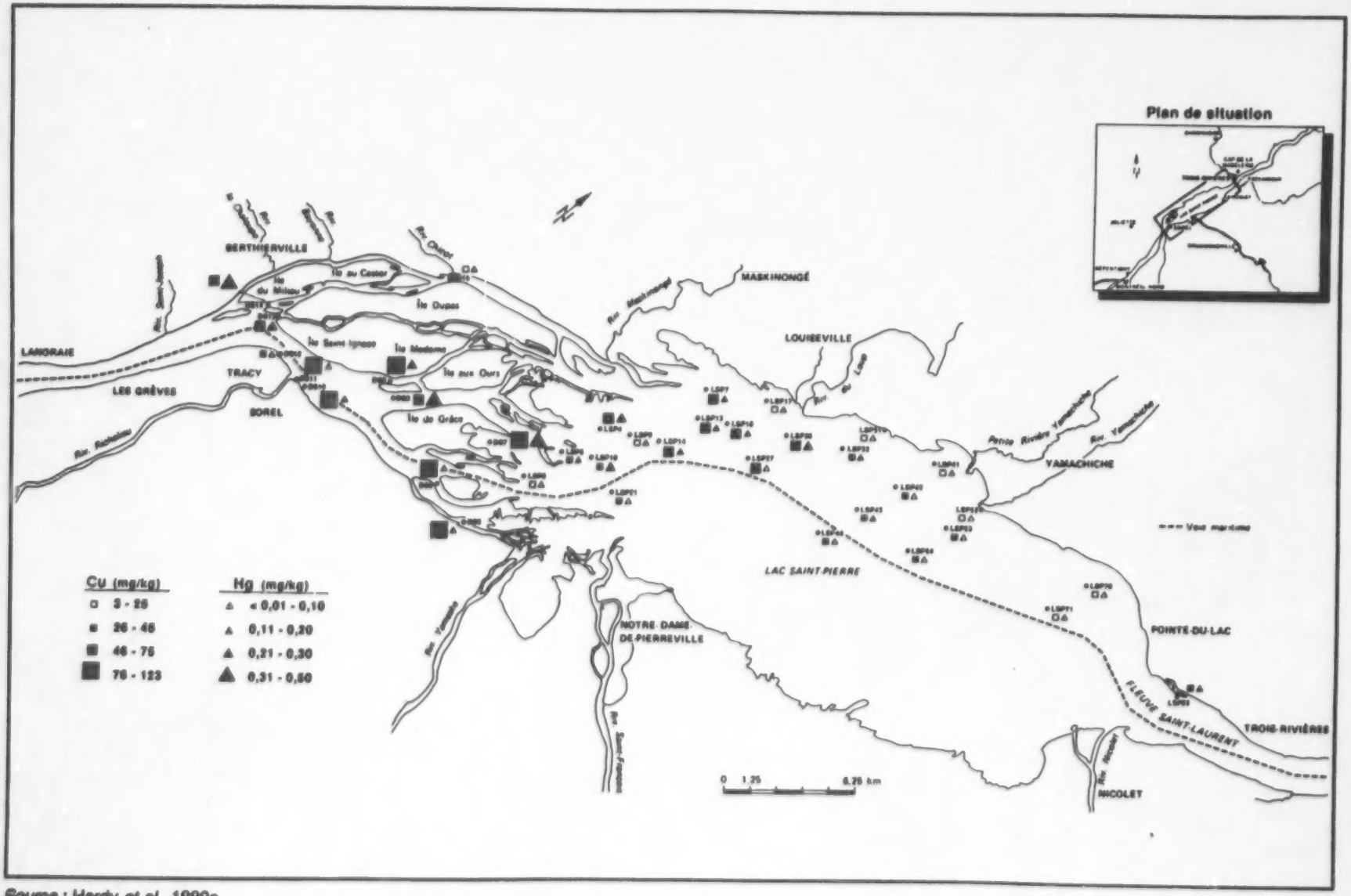
Les variables mesurées par Sérodes (1978) pour la même zone d'étude affichent des valeurs semblables, sauf le cuivre et le mercure, qui montrent des teneurs moins élevées dans la présente étude.

Les stations du secteur des îles et celles situées dans la partie amont du lac possèdent les teneurs en arsenic les plus élevées, la valeur maximale étant située dans la baie de l'île de Grâce (DS 7). Asseau (1991) mentionne une source locale pour l'arsenic : Tioxide Canada inc. Cependant, la présence d'une concentration élevée à la station située le plus à l'ouest de la zone d'étude (DS 13) permet de croire qu'une partie des apports d'arsenic provient de sources situées plus en amont sur le fleuve.

Le cadmium n'a été détecté qu'à deux stations dans toute la zone d'étude (DS 7 et LSP 7). Asseau (1991) fait état de rejets importants de cadmium dans la région de Sorel-Tracy par les sociétés Tioxide Canada inc. et QIT-Fer et Titane inc.

Les concentrations de chrome sont particulièrement élevées dans toute la zone d'étude. Sa répartition s'étend à partir de la zone industrielle de Sorel-Tracy et suit la rive sud. Selon Environnement Canada (1981, 1985) et Asseau (1991), les principaux apports de chrome dans la zone d'étude proviennent des sociétés Tioxide Canada inc., QIT-Fer et Titane inc. et Aciers Inoxydables Atlas.

Le mercure (figure 16) affiche des teneurs élevées aux stations du secteur des îles et dans la première moitié du lac. Les stations d'échantillonnage aux abords des municipalités de Sorel-Tracy révèlent des teneurs plutôt faibles par rapport aux teneurs de l'ensemble de la zone d'étude; ceci laisse croire que l'apport de mercure provient principalement de sources en amont du territoire à l'étude.



Source : Hardy *et al.*, 1990a.

Figure 16 Teneurs des sédiments du lac Saint-Pierre en cuivre et en mercure (1986)

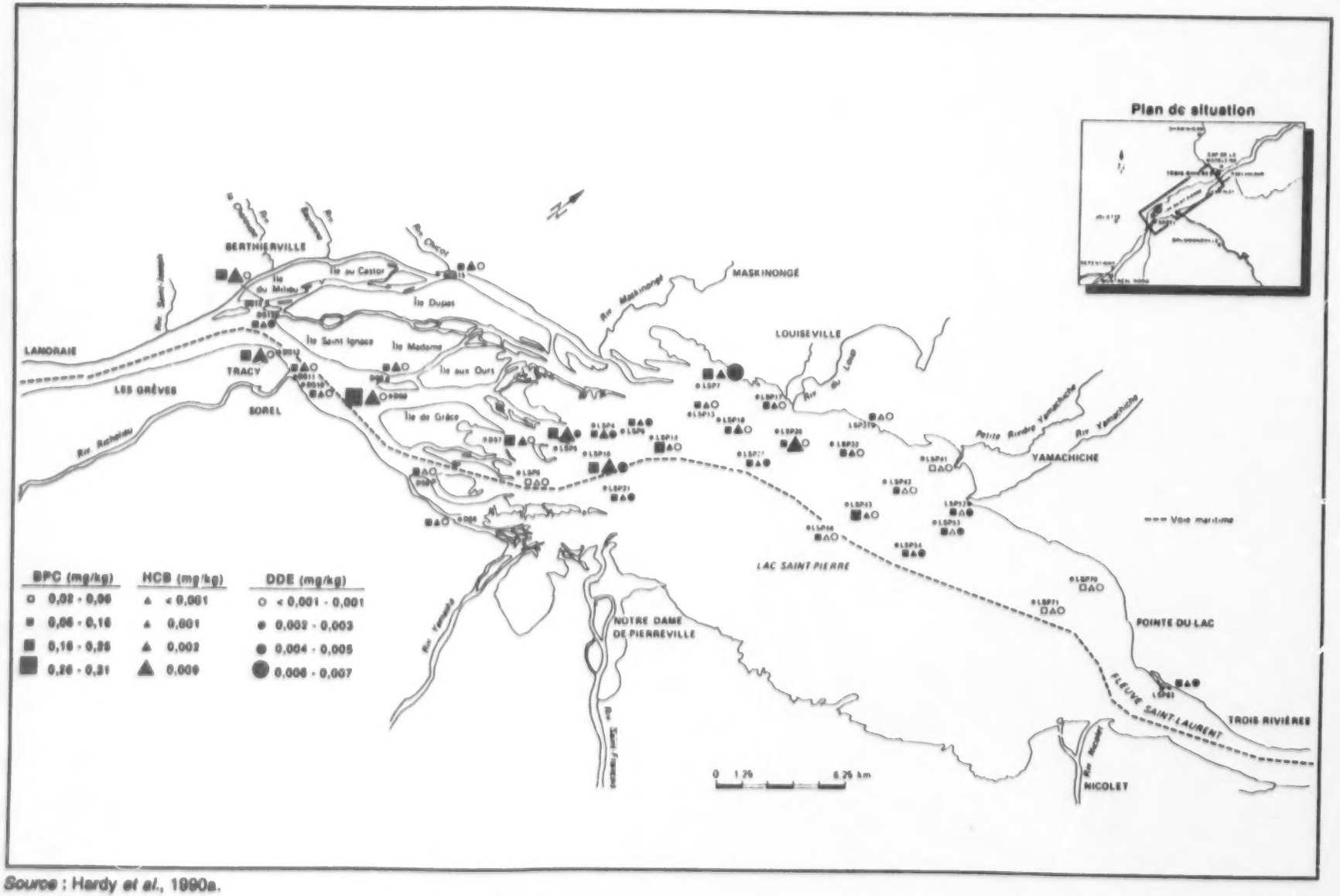
Les teneurs en cuivre (figure 16), en nickel et en plomb sont très élevées dans toute la région à l'étude. Les concentrations sont toutefois beaucoup plus importantes dans le secteur des îles, et comme dans le cas du chrome, leur présence se manifeste à partir de la région industrielle de Sorel-Tracy pour suivre principalement la rive sud du lac. Les principaux apports de ces métaux pour ce secteur proviennent des industries de Sorel-Tracy, principalement de QIT-Fer et Titane (Asseau, 1991).

L'accumulation de vanadium dans les sédiments est plus importante le long de la rive sud du lac (DS 5, DS 6) et près de Sorel-Tracy. Les stations en amont du territoire (DS 13 et DS 14) enregistrent des teneurs plus faibles, suggérant un apport local de vanadium dans la région de Sorel-Tracy (Tioxide).

Les valeurs maximales de zinc sont réparties principalement dans la région de Sorel-Tracy et le secteur des îles (DS 5, DS 7, DS 9 et DS 11). Les sociétés Tioxide Canada inc., QIT-Fer et Titane inc., Aciers Inoxydables Atlas et la rivière Richelieu sont les principales responsables des rejets élevés de zinc dans cette partie de la zone d'étude (Environnement Canada, 1985). La station LSP 4 présente aussi une valeur très élevée.

La présence de BPC et de DDE a été notée à la majorité des stations. Les concentrations des trois classes de BPC dans le lac sont inférieures à celles du secteur des îles. Le HCB a été noté plus souvent aux stations du centre du lac, mais les teneurs les plus élevées se trouvent dans le secteur nord. La répartition des BPC (figure 17) illustre le fait qu'ils sont légèrement plus abondants dans les sédiments du secteur des îles. Les valeurs maximales situées aux stations les plus au sud-ouest de la zone d'étude suggèrent un apport de BPC de sources en amont, en provenance des Grands Lacs, de la section internationale du fleuve et de la région de Montréal.

Les deux organochlorés n'affichent pas de répartition particulière, les valeurs n'étant pas plus élevées dans le secteur des îles que dans le lac. La partie amont du fleuve Saint-Laurent est probablement responsable d'une fraction de ces apports, les stations les plus en amont de la zone d'étude affichant des teneurs élevées en DDE. Les rivières Saint-François et Richelieu transportent aussi des quantités appréciables de DDT; la rivière du Loup pourrait aussi représenter une source de DDE, la station LSP



Source : Hardy *et al.*, 1990a.

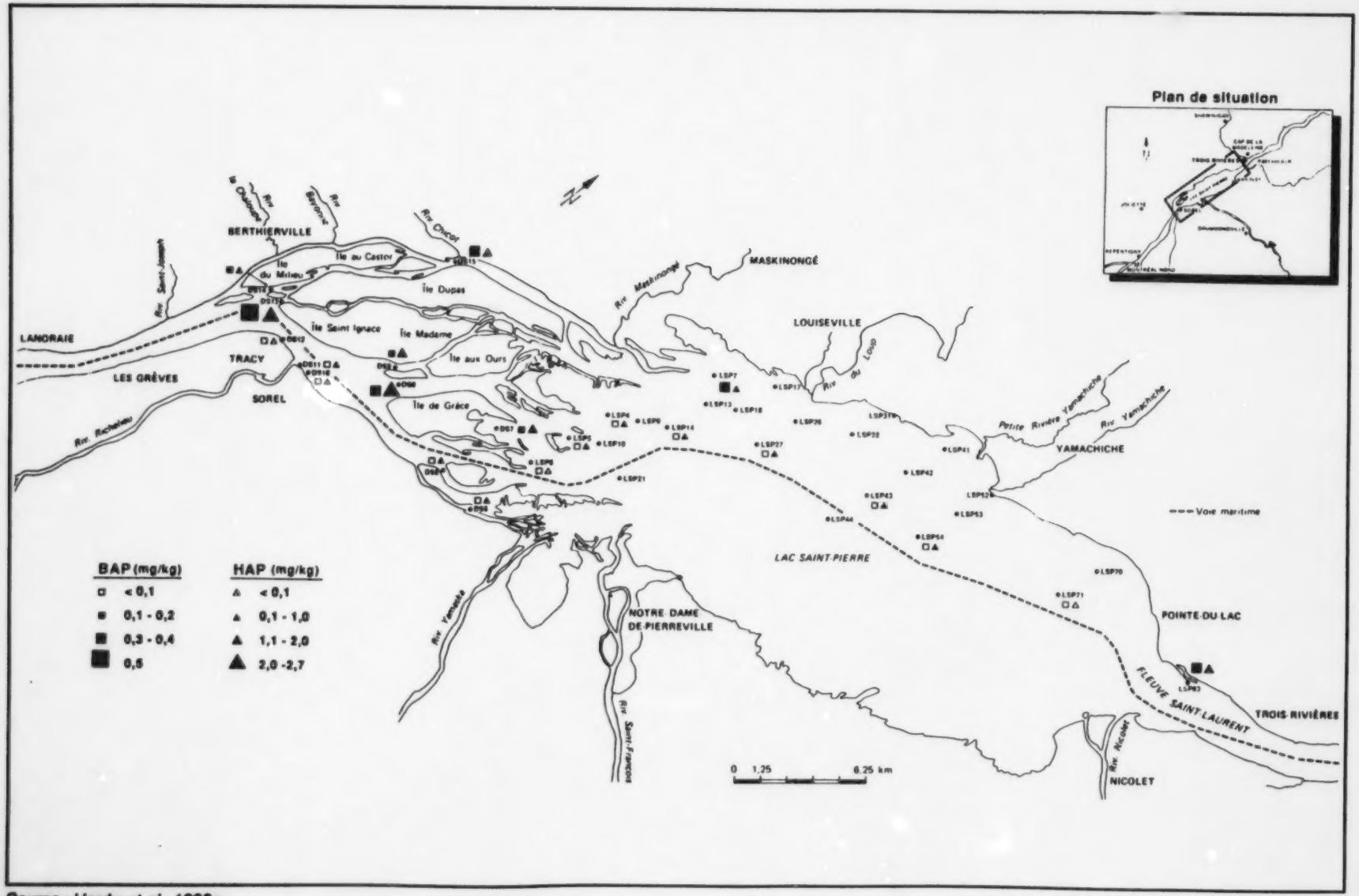
Figure 17 Teneurs des sédiments du lac Saint-Pierre en BPC, HCB et en pp'-DDE (1986)

26 affichant une teneur élevée. Le HCB est principalement véhiculé par la rivière Richelieu (Environnement Canada, 1981); c'est cependant du côté nord, à la station LSP 7, qu'on observe la plus forte concentration de HCB.

Parmi les HAP analysés, seul le fluoranthène a été détecté à la majorité des stations. C'est cependant dans le secteur nord que les autres composés du groupe des HAP ont été détectés le plus souvent, suivi par le secteur des îles. Dans le secteur centre, le fluoranthène, le benzo(*b*)fluoranthène (BbF) et le benzo(*k*)fluoranthène (BkF) ont été détectés de façon sporadique. La répartition des teneurs en HAP totaux (figure 18) démontre que la zone d'étude n'est pas contaminée de façon homogène. La station affichant la valeur la plus élevée est située à l'entrée de la zone d'étude, indiquant une source localisée plus en amont sur le fleuve. Le secteur des îles de Sorel est plus contaminé que le lac, avec cinq stations où les teneurs en HAP totaux dépassent 1 mg/kg. La répartition du fluoranthène, le HAP le plus abondant dans la présente étude, est semblable à celle des HAP totaux. Le benzo(*a*)pyrène (BaP), un HAP considéré cancérigène, a été surtout retrouvé dans le secteur nord du lac. Les teneurs maximales en HAP ont été enregistrées dans les îles de Sorel, mais c'est dans le secteur nord qu'on observe la moyenne la plus élevée.

Les teneurs observées au lac Saint-Pierre sont inférieures à celles du lac Saint-Louis (Champoux et Sloterdijk, 1988) pour la majorité des variables, à l'exception des teneurs en cobalt, nickel, plomb et DDT qui sont identiques et de celles en chrome, cuivre, vanadium et BPC qui sont supérieures. Comparativement à celles du lac Saint-François (Sloterdijk, 1985; Sérodes, 1978), les teneurs du lac Saint-Pierre sont plus élevées pour le chrome, semblables pour le plomb, le manganèse, le cuivre, le nickel et le HCB et inférieures pour le mercure, le zinc, les BPC totaux et le DDT total. Les teneurs en BPC sont aussi inférieures à celles mesurées au Petit bassin de La Prairie (Hardy *et al.*, 1990b) et au lac Ontario (Frank *et* al., 1979; Fox *et* al., 1983).

Les teneurs en HAP totaux sont difficilement comparables d'un plan d'eau à l'autre, car le nombre de composés de HAP analysés varie. La médiane et les extrêmes de la sommation des cinq HAP (fluoranthène, BbF, BkF, benzo(*ghi*)périylène (BgPé), indéno(*c,d*)pyrène (IcdP)) mesurés dans quatre plans d'eau ont été calculés : le lac



Source : Hardy *et al.*, 1990a.

Figure 18 Teneurs des sédiments du lac Saint-Pierre en benzo(a)pyrène et en HAP (1986)

Saint-Pierre présente le maximum le plus élevé, bien que la médiane soit plus élevée au lac Saint-Louis (Hardy *et al.*, 1990a).

4.2.2 Comparaison avec les critères de qualité des sédiments. - Afin d'évaluer la contamination des sédiments, les valeurs mesurées ont été comparées aux critères de qualité du MEO (Persaud *et al.* 1990; tableau 20). Ces derniers comportent trois niveaux de recommandations: le seuil sans effet (*No Effect Level* ou NEL), le seuil d'effet mineur (*Lowest Effect Level* ou LEL) et le seuil de tolérance (*Limit Of Tolerance* ou LOT). Le NEL est basé sur les normales géochimiques pour les métaux et les contaminants organiques non polaires et sur l'approche de la répartition à l'équilibre (*equilibrium partitioning approach*) fondée sur les lignes directrices et les objectifs provinciaux de qualité de l'eau (*Provincial Water Quality Objectives and Guidelines* ou PWQOG) de l'Ontario pour les contaminants organiques polaires. Les normales géochimiques pour les contaminants organiques non polaires sont basées sur les concentrations trouvées dans les bassins profonds des Grands Lacs supérieurs (*upper Great Lakes*). Les LEL sont dérivés de données de terrain sur la co-occurence d'un contaminant dans les sédiments et la présence d'espèces benthiques. On calcule d'abord la teneur de dépistage (*Screening Level Concentration* ou SLC), et on détermine ensuite le cinquième percentile. Pour les contaminants organiques non polaires, on normalise cette valeur en la divisant par le contenu du sédiment en carbone organique total (COT). On pourrait considérer le LEL comme un indicateur d'un effet chronique sur les organismes aquatiques. Le LOT est calculé en prenant le 95e percentile de la SLC et représente la teneur au-dessus de laquelle il y a un danger potentiel d'éliminer la majorité des organismes benthiques. Pour les contaminants organiques non polaires, le LOT tient aussi compte de la teneur en carbone organique total des sédiments.

Le chrome, le cuivre, le nickel, le mercure, le plomb, le zinc, les BPC et le DDE dépassent le NEL à la majorité des stations, tandis que l'arsenic, et le cadmium n'excèdent jamais ce critère. Le LEL est dépassé dans le cas du chrome, du cuivre, du mercure, du nickel, du plomb, du zinc, de l'Aroclor-1254, de l'Aroclor-1260, des BPC totaux, du DDE et des HAP totaux. Les teneurs en chrome, en cuivre et en nickel excèdent le LOT à quelques stations. Les résultats de ces comparaisons suggèrent que les

Tableau 20 ***Pourcentages de détection et de dépassement des critères de qualité des sédiments pour les contaminants au lac Saint-Pierre***

Variable	Détection (%)	Critères du MEO (mg/kg)			Dépassement (%)		
		NEL	LEL	LOT	NEL	LEL	LOT
Métaux lourds (*n* = 36)							
As	100	4	6	33	14	0	0
Cd	6	1	1	10	6	0	0
Cr	100	31	31	111	100	100	31
Cu	100	25	25	114	75	75	8
Hg	97	0,1	0,2	2	53	22	0
Ni	100	31	31	90	44	44	8
Pb	100	23	31	250	58	44	0
Zn	100	65	120	820	89	67	0
BPC (*n* = 36)							
A 1242	100	n.d.	n.d.	n.d.	-	-	-
A 1254	100	n.d.	0,07	34*	-	25	0
A 1260	97	n.d.	0,005	24*	-	97	0
BPC tot.	100	0,02	0,07	530*	100	64	0
Organochlorés (*n* = 36)							
HCB	33	0,01	0,02	48*	0	0	0
DDE	97	0,002	0,005	20*	50	17	0
DDT tot.		n.d.	0,007	12*	-	0	0
HAP (*n* = 21)							
Fluor.	86	n.d.	-	-	-	-	-
BbF	38	n.d.	-	-	-	-	-
BkF	38	n.d.	-	-	-	-	-
BaP	38	1,0**	-	-	0	-	-
IcdP	14	n.d.	-	-	-	-	-
BgPé	19	n.d.	-	-	-	-	-
HAP tot.	86	n.d.	2	11 000*	-	10	0

Source : Modifié de Hardy *et al.*, 1990a.

n.d. : non déterminé.

* Ces valeurs doivent être multipliées par la teneur en COT des sédiments (max. de 10%).

** AEOC, 1983.

NEL : seuil sans effet (*No Effect Level*). LEL : seuil d'effet mineur (*Lowest Effect Level*). LOT : seuil de tolérance (*Limit Of Tolerance*).

sédiments du lac Saint-Pierre sont contaminés par les métaux lourds, principalement par le chrome, le cuivre, le mercure, le nickel, le plomb et le zinc, ainsi que par les BPC, le DDE et les HAP.

4.2.3 Répartition des sites contaminés. - Ces comparaisons ont permis de mettre en évidence un problème de contamination des sédiments plus important aux stations situées dans le secteur des îles de Sorel.

La qualité des sédiments à chacune des stations a été évaluée par Hardy *et al.* (1990a) à partir de l'indice de contamination calculé à l'aide des critères du ministère de l'Environnement de l'Ontario (MEO) pour le dépôt de résidus de dragage en eau libre (MOE, 1979) et de l'indice de Hakanson et Janson (1983).

C'est un indice de qualité des sédiments pour le rejet en eau libre, mais surtout un indication de problème sérieux de contamination. Les teneurs en arsenic, cadmium, cobalt, chrome, cuivre, fer, mercure, nickel, plomb, zinc et BPC ont été utilisées dans ce calcul. Les indices ainsi établis sont donnés au tableau 21. La répartition spatiale des indices de contamination est présentée à la figure 19. Seulement six stations (17 p. 100) affichent un indice de contamination inférieur à 1, indiquant que les teneurs mesurées respectent en moyenne les critères de qualité du MEO. Quatre stations sont situées le long de la rive nord, et deux stations, à la sortie des îles de Sorel.

Les sédiments de cette région semblent sous l'influence des tributaires locaux relativement peu pollués (rivières du Loup et Yamachiche) et ne pas subir l'influence des rejets de polluants des industries de Sorel-Tracy. Presque toute la zone d'étude présente donc un indice de contamination supérieur à 1, illustrant une contamination globale. Les indices supérieurs à 2 représentent 22 p. 100 de toutes les stations et proviennent du secteur des îles de Berthier-Sorel; quelques stations aux abords immédiats de Sorel et le long de la rive sud du lac présentent des indices supérieurs à 3 (DS 5, DS 6 et DS 11). Ces indices élevés sont dus principalement aux teneurs élevées en fer, chrome, cobalt, nickel et cuivre. Les stations situées du côté nord et en amont de la zone d'étude (DS 13, DS 14 et DS 15) affichent les indices les plus faibles

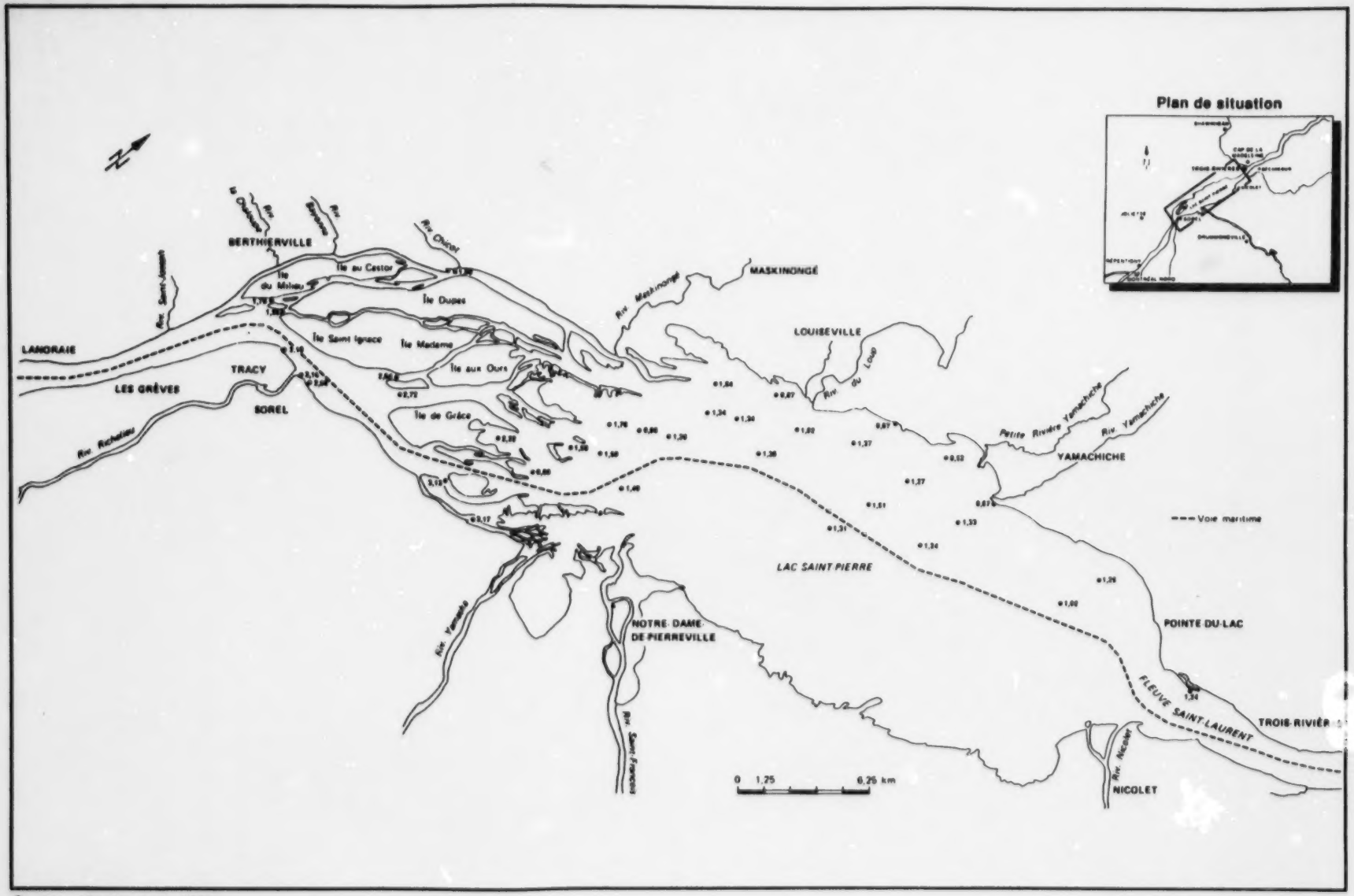
Tableau 21 ***Indices de contamination des sédiments du lac Saint-Pierre, calculés d'après les critères du MOE (1979) pour le dépôt de résidus de dragage en eau libre***

Station	Indice	Station	Indice	Station	Indice
Secteur nord		Secteur des îles de Sorel		Secteur centre	
LSP 7	1,84	DS 5	3,17	LSP 4	1,76
LSP 17	0,87	DS 6	3,13	LSP 5	1,50
LSP 18	1,34	DS 7	2,72	LSP 6	0,89
LSP 26	1,92	DS 8	2,22	LSP 9	0,96
LSP 31	0,67	DS 9	2,04	LSP 10	1,50
LSP 32	1,37	DS 10	2,98	LSP 13	1,34
LSP 41	0,52	DS 11	3,16	LSP 14	1,29
LSP 42	1,27	DS 12	2,18	LSP 21	1,49
LSP 52	0,67	DS 13	1,56	LSP 27	1,36
LSP 70	1,25	DS 14	1,78	LSP 43	1,51
DS 15	1,00			LSP 44	1,31
				LSP 53	1,33
				LSP 54	1,24
				LSP 71	1,02
				LSP 83	1,24
n	12	*n*	10	*n*	15
$\bar{X}$	1,16	$\bar{X}$	2,49	$\bar{X}$	1,32
σ	0,44	σ	0,61	σ	0,23

Source : Hardy *et al.* (1990a).

du secteur des îles. Le problème de contamination des sédiments semble venir principalement de la région de Sorel-Tracy, associée à l'embouchure de la rivière Richelieu et, dans une moindre mesure, de rejets situés en amont du territoire à l'étude.

Les teneurs en matières organiques sont plus élevées dans le secteur des îles, ce qui entraîne, avec la présence de particules fines, un fort potentiel d'adsorption de contaminants dans les sédiments (Sly *et* al., 1981). Il semble donc que le secteur



Source : Hardy *et al.*, 1990a.

Figure 19 Indices de contamination des sédiments du lac Saint-Pierre (1986)

des îles de Sorel constitue une zone propice à la sédimentation, malgré les conclusions de l'étude granulométrique. Les teneurs en contaminants inorganiques y dépassent les valeurs des critères de qualité du MEO à presque toutes les stations. Dans le lac, seules les teneurs en chrome, cuivre, fer, nickel et zinc excèdent fréquemment les critères du MEO, démontrant ainsi une accumulation de polluants moins importante que dans le secteur des îles de Berthier-Sorel. Le secteur recevant les eaux de la rivière des Outaouais (nord du lac) présente les teneurs en contaminants organiques et inorganiques les plus faibles de toute la zone d'étude. Cette observation est un peu surprenante si on considère que les eaux de la Communauté urbaine de Montréal (CUM) sont toutes rejetées dans la masse d'eau de la rivière des Outaouais et sont donc acheminées vers le secteur nord du lac Saint-Pierre. Cependant, les échantillons ont été prélevés à la fin mai - début juin (Hardy *et al.*, 1990a), au moment où les conditions hydrologiques ne permettaient pas l'accumulation de sédiments dans la partie nord du lac. En effet, des observations en plongée sous-marine indiquent une accumulation de vase molle dans les herbiers atteignant un maximum à la fin de l'été (Saint-Cyr et Cambell).

Lavalin Environnement a effectué en 1989 l'inventaire et la priorisation des sites contaminés le long du fleuve Saint-Laurent. Ils ont identifié 65 sites dont quatre dans la ZIP 11. Il s'agit du delta de Sorel, du Port de Sorel, du site "Yamachiche" qui se situe entre la rivière du Loup et la Petite rivière Yamachiche, et du site Saint-François-du-lac qui s'étend de la baie Saint-François à la rivière aux Oies. De ce nombre, seul le Port de Sorel a été retenu par la Direction de la protection de l'environnement (DPE) pour subir une caractérisation plus poussée en vue de l'élaboration d'un plan de restauration. Cet exercice s'inscrit dans le cadre du volet restauration du PASL.

Les sédiments du port sont très contaminés par les métaux lourds (chrome, cuivre, plomb, zinc, cadmium), les BPC et les HAP. Les sources responsables de cette contamination sont :

- Aciers Inoxydables Atlas, div. de Sammi-Atlas inc.
- Les Industries de Préservation du Bois ltée
- Tioxide Canada inc.

- QIT-Fer et Titane inc.
- L'émissaire de la ville de Sorel
- La rivière Richelieu

5 DIAGNOSTIC DE L'ÉTAT DE DÉTÉRIORATION DE LA ZONE D'INTÉRÊT PRIORITAIRE

5.1 Pertes d'usages

Plusieurs usages de l'eau sont compromis dans la ZIP du lac Saint-Pierre (tableau 22). Les trois principaux sont la baignade, la contamination d'organismes aquatiques et la toxicité chronique imposée aux espèces aquatiques qui fréquentent le milieu.

La contamination microbienne par les coliformes fécaux implique un potentiel de risque associé aux activités de **baignade** et aux **sports nautiques**. Il serait important d'effectuer un suivi plus serré de la qualité bactériologique et d'en informer les villégiateurs qui ont l'habitude de fréquenter les plages non inventoriées des îles de Berthier-Sorel.

La présence très répandue (toute la ZIP) dans l'eau de pesticides organochlorés (DDT, chlrodane, dieldrine), des BPC et de métaux (arsenic) présente un potentiel de **contamination des espèces aquatiques** qu'il faut aussi suivre de près afin de protèger la santé publique. Les pêches commerciales et sportives sont intensivement pratiquées dans le lac Saint-Pierre et autour des îles tant en été qu'en hiver.

Le milieu renferme encore des substances, parfois les mêmes (BPC, DDT, dieldrine) et parfois des nouvelles (chrome, plomb, zinc, nickel, cuivre, mercure) qui sont jugées **toxiques pour la vie aquatique sur une base chronique.** Certains de ces produits présentent une distribution très étendue (fer, cuivre), mais d'autres n'excèdent les critères que dans des secteurs très spécifiques, surtout Sorel-Tracy. Seule une bonne évaluation de l'état de santé du biote de la ZIP pourrait nous dire s'il y a un impact dû à la présence de ces produits.

La contamination des sédiments entraîne aussi des pertes d'usages. Les teneurs en métaux (cuivre, chrome, mercure, nickel, plomb, zinc), BPC, DDE et HAP peuvent provoquer des problèmes de toxicité chronique et de contamination d'organismes par bioaccumulation, principalement pour la faune benthique et les espèces fréquentant le fond. Les phénomènes hydrodynamiques peuvent aussi favoriser la

Tableau 22 ***Pertes d'usages dans la ZIP du lac Saint-Pierre et liste des paramètres responsables***

Usages	Substrat	Paramètres responsables	Secteurs
Baignade	Eau	Indicateur : coliformes fécaux	Amont Le lac Aval
Activités récréatives	Eau	Indicateur : coliformes fécaux	Amont Le lac Aval
Eau brute (alimentation en eau et consommation d'organismes aquatiques)	Eau	(Fe, Mn) Trichlorofluorométhane Trichloroéthylène Chloroforme	Partout Baie Saint-François
Toxicité chronique	Eau	Al, Cu, Fe, Cr, Pb Dieldrine, BPC (pentachlorophénol)	Partout Secteur Sorel
	Sédiments	Cu, Pb, Ni, Zn, Hg, Cr BPC, DDE, HAP	Surtout les îles Secteur Sorel
Contamination d'organismes aquatiques	Eau	As BPC, DDT, chlordane (trichlorophénol)	Partout Secteur Sorel
Autres (dragage)	Sédiments	Métaux (Fe, Cr, Co, Ni, Cu)	Partout Secteur Sorel

remise en suspension de ces contaminants dans la colonne d'eau et contribuer à la toxicité de celle-ci pour toute la faune aquatique. Enfin, les teneurs en certains métaux (chrome, cuivre, nickel) pourraient aussi nuire aux activités de dragage, en obligeant le confinement des sédiments contaminés.

La **région des îles de Berthier-Sorel** présente des conditions propices à l'accumulation de substances toxiques, à savoir la présence de conditions favorisant le dépôt de particules fines et de matières organiques, de même que des apports potentiels importants en provenance des industries de Sorel et de la rivière Richelieu pour le secteur sud-est des îles. Les indices de contamination des sédiments de cette région sont les plus élevés de toute la zone d'étude et corroborent cette observation.

Le transect de qualité de l'eau amont, de même que les îles des côtés nord et sud montrent des dépassements de plusieurs paramètres. Deux stations se distinguent, la station 9018 du côté nord entre l'île au Castor et l'île Dupas et la station 9086 qui subit la pollution de Sorel-Tracy et de la rivière Richelieu.

Les eaux peu profondes et le courant plutôt lent près de la **rive sud au niveau de Sorel** empêchent le mélange des eaux de la rivière Richelieu avec celles du fleuve, à cause de la présence de la voie maritime au débit important et rapide. Ce phénomène permet aux contaminants de s'acheminer en direction de la rive sud et de s'accumuler dans les sédiments, comme le démontre la répartition des indices de contamination. Plus à l'est, soit à la hauteur de l'île de Grâce, les eaux de la rivière Richelieu semblent se mélanger aux eaux du fleuve, et les substances toxiques se disséminer dans la région centrale du lac. L'absence d'échantillons de sédiments prélevés dans la partie sud du lac ne permet pas d'expliquer entièrement ces phénomènes (Hardy *et al.*, 1990a).

Du côté de la rive nord, où les eaux de la rivière des Outaouais ne se mélangent pas avec les eaux du fleuve, on n'a décelé que de faibles teneurs en contaminants. C'est ainsi que les indices de contamination les plus faibles de toute la zone d'étude apparaissent aux stations du **secteur nord**. Les données de qualité de l'eau classent le lac lui-même comme une zone de meilleure qualité malgré le dépassement de quelques paramètres. La station du quai de Nicolet indique une zone plus contaminée à l'est du lac. À la sortie de la ZIP, les données de qualité de l'eau montrent un retour de la contamination à peu près au même niveau qu'en amont.

5.2 Principales sources et substances

La compilation des résultats tirés des données sur l'eau et les sédiments apparaît au tableau 23. Seuls les paramètres qui ne respectent pas le critère le plus restrictif ont été retenus. Certaines substances émergent de l'examen des deux substrats, d'autres, pas. Par exemple, la contamination locale de source industrielle en zinc, nickel et mercure ne peut être classifiée comme problématique que pour les sédiments. Ceci souligne l'importance que revêt l'étude des différentes composantes du milieu.

Les répartitions spatiales permettent de constater que les différents apports de contaminants à la zone d'étude proviennent principalement de trois sources. La première est le fleuve Saint-Laurent, qui fournit une partie importante des contaminants inorganiques (arsenic, mercure, fer, aluminium, chrome,) et organiques (BPC, HAP, DDT, chlordane, dieldrine). En plus de véhiculer les contaminants en provenance des Grands Lacs, celui-ci reçoit les rejets de la section internationale du fleuve, de Cornwall et de Massena, des régions de Valleyfield et de Beauharnois et de la rive sud entre Candiac et Contrecoeur. Toutes ces zones industrialisées contribuent à la charge de contaminants dans le fleuve Saint-Laurent. Ce dernier traverse cependant plusieurs zones de sédimentation, depuis la sortie du lac Ontario jusqu'au lac Saint-Pierre, permettant ainsi la sédimentation d'une partie des contaminants. C'est le cas du mirex, qu'on a retrouvé dans les sédiments du lac Saint-Louis (Champoux et Sloterdijk, 1988) mais qui demeure absent des échantillons analysés au lac Saint-Pierre. La seconde source de contamination est la région industrielle de Sorel-Tracy. Les industries de la métallurgie et de la fabrication de pigments de cette région sont responsables de rejets importants de chrome, cuivre, fer, nickel, plomb et zinc. Les tributaires constituent la troisième source de polluants; ils sont reconnus pour véhiculer de grandes quantités de substances toxiques dont les métaux cuivre, fer, nickel, plomb et zinc. La rivière Richelieu transporte en plus du chrome, du cadmium, de même que des HAP, des BPC et des organochlorés. Cette dernière s'est classée au quatrième rang pour ses apports industriels, urbains et agricoles de substances toxiques au fleuve Saint-Laurent (Entraco, 1989). Les autres tributaires contribuent à l'apport en nickel.

Tableau 23 ***Identification des sources de pollution pour les paramètres toxiques de la ZIP du lac Saint-Pierre***

Paramètres	Substrat	Sources			
		Amont	Tributaires	Industries	Autres
Aluminium	Eau	Amont	Tous les tributaires	Tioxide	
Cuivre	Eau et sédiments	Amont	Richelieu Saint-François Yamaska Trib. nord	Aciers Atlas QIT	Municipales
Mercure	Sédiments	Amont	(Certains tributaires)	Aciers Atlas QIT Tioxide	
Nickel	Sédiments	Amont	Richelieu Saint-François Yamaska (Trib. nord)	Aciers Atlas QIT Tioxide	
Arsenic	Eau	Amont	(Certains tributaires)	Tioxide	
Chrome	Eau et sédiments	Amont	Richelieu (Autres trib.)	Aciers Atlas QIT Tioxide	
Fer	Eau	Amont	Richelieu Saint-François Yamaska Trib. nord	QIT Tioxide	
Plomb	Eau et sédiments	Amont	(Richelieu) Saint-François Yamaska (Trib. nord)	QIT	Municipales
Zinc	Sédiments	Amont	Richelieu Saint-François Yamaska Trib. nord	Aciers Atlas QIT Tioxide	Municipales
BPC	Eau et sédiments	Amont	(Richelieu) (Certains tributaires)		Atmosphérique

Tableau 23 ***(suite)***

Paramètres	Substrat	Sources			
		Amont	Tributaires	Industries	Autres
DDT	Eau et sédiments	Amont	Richelieu Saint-François (Autres trib.)		
HAP	Sédiments	(Amont)	(Certains tributaires)	(GLC) (Certaines industries)	
Trichloro-phénol	Eau	(Amont)		(Industries)	
Pentachloro-phénol	Eau	(Amont)		(Industries de préservation du bois) (Certaines industries)	Nappe phréa-tique
Subst. volatiles	Eau		Saint-François Yamaska	(Certaines industries) QIT	
Bactériologie	Eau	Amont R. L'Assomp-tion, municipa-lités en amont, CUM	Du Loup Maskinongé Richelieu Saint-François Yamaska (Autres trib.)		Munici-palités de la ZIP

( ) : source potentielle.

Les cotes de toxicité des substances étudiées ont été réunies au tableau 24 afin de donner une idée de leur toxicité. La classification qui a servi à élaborer le tableau est celle d' Entraco (1990). Elle est issue "d'une revue de la littérature du Michigan Department of Natural Ressources (*Michigan Critical Material Register* [CMR], 1988) et du ministère de l'Environnement de l'Ontario, (*Effluent monitoring Priority Pollutants List* [EMPPL], 1989). Cette cote de toxicité est basée sur les six paramètres suivants : la carcinogénicité, la mutagénicité héréditaire, la tératogénécité, la

Tableau 24 ***Cotes de toxicité pour différents produits chimiques étudiés***

Niveau de toxicité	Cote	Produits
Forte toxicité	33	Dioxine
	29	1,1-Dichloroéthylène
	27	Pentachlorophénol
	24	Mercure
	22	Phénols
	22	Nickel
	21	Chloroforme
	20	Arsenic
	19	Cadmium
	17	Cyanures
	15	Antimoine
	14	1,1,2-Trichloroéthane
Moyenne toxicité	13	Cuivre
	12	Aluminium
	12	Tétrachlorure de carbone
	12	Trichloroéthylène
	11	Tétrachloroéthylène
	10	2,4,5-Trichlorophénol
	10	Zinc
	9	Chrome
Faible toxicité	7	Cobalt
	7	Plomb
	2	Fer
	2	Manganèse

Source : Valeurs tirées d'Entraco, 1990.

Remarque.- Le tableau contient les produits chimiques dont la cote a été calculée. Cette cote a été établie en tenant compte de six paramètres : la carcinogénicité, la mutagénicité héréditaire, la tératogénicité, la persistance,la bioaccumulation et les autres effets adverses (terrestre, aquatiques, plantes).

persistance, la bioaccumulation et les autres effets adverses (terrestres, aquatiques, plantes). Tous les produits ayant une cote de toxicité supérieure ou égale à 14 sont très toxiques et dangereux. Plusieurs sont présents dans la ZIP du lac Saint-Pierre, le mercure, le nickel, le chloroforme, l'arsenic et le pentachlorophénol. Le plomb, le zinc , le cuivre et le chrome, dont la cote de toxicité est inférieure à 14, apparaissent comme légèrement moins toxiques.

RÉFÉRENCES

Asseau (1991). «Bilan des apports toxiques des sources majeures de contamination du lac Saint-Pierre». Document préliminaire. Étude réalisée dans le cadre du projet Bilan toxique et méthodologie d'analyse des interventions et de la récupération des usages, 54 p.

Asseau (1990a). «Mise à jour et validation des données industrielles des cinquante établissements prioritaires du Plan d'action Saint-Laurent». Rapport final. Étude réalisée dans le cadre du projet Bilan toxique et méthodologie d'analyse des interventions et de la récupération des usages. Tome 2 : Dossiers industriels, Asseau, Société d'experts-conseils en environnement, 224 p.

Asseau (1990b). «Apport du fleuve et du secteur industriel en contaminants (tronçon lac Saint-Pierre)». Rapport d'étape, projet Bilan toxique.

Biberhofer, J. et R.J.J. Stevens (1985). *Organochlorine Contamination in Ambient Waters of Lake Ontario.* Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Burlington (Ontario).

Bourdages, R. (1990). Communication personnelle.

Centreau (1974). *Étude du fleuve Saint-Laurent, tronçon Varennes- Montmagny, Aspects physiques et sédimentologiques.* Rapport général, 270 p. et annexes.

Champoux, L. et H. Sloterdijk (1988). *Étude de la qualité des sédiments du lac Saint-Louis 1984-1985.* Rapport technique n° 1. Géochimie et contamination, 177 p.

Chan, C.H. et L.H. Perkins (1983). *Lake Superior Wet Deposition, 1983.* Soumis au IAGLR, 1986.

Cluis, D., G. Bourgault, C. Laberge, C. Guimont et D. Potvin (1990). *Analyse statistique des données de qualité de l'eau du fleuve Saint-Laurent (1978-1988).* Version préliminaire, INRS-Eau, rapport scientifique n° 289, 121 p.

Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent (1978). Rapport soumis aux ministres de l'Environnement du Québec et du Canada, 293p.

Commission mixte internationale (1987). *St. Lawrence River Component of 1987.* Appendix B. Commission mixte internationale, Bureau régional des Grands Lacs.

Conseil canadien des ministres des Ressources et de l'Environnement (1987). *Recommandations pour la qualité des eaux au Canada.* Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures, Ottawa.

Demayo, A., M.C. Taylor et S.W. Reeder (1979). *Guidelines for Surface Water Quality. Vol. 1 Inorganic Chemical Substances, Arsenic.* 13 p.

Désilet, L. et C. Langlois (1989). *Variabilité spatiale et saisonnière de la qualité de l'eau du fleuve Saint-Laurent,* Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, Montréal, 112 p.

Désilet, L., C. Langlois, A. Lamarche et D. Cluis (1988). «Tendances temporelles de la qualité physico-chimique de l'eau du fleuve Saint-Laurent (tronçon Cornwall-Québec) au cours de la période 1955 à 1986», *Water Poll. Res. J. Canada, 23* : 1955-1986.

Entraco (1990). *Évaluation de l'apport au fleuve Saint-Laurent des substances toxiques en provenance des tributaires québécois (recherche supplémentaire).* Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, 84 p.

Entraco (1989). *Évaluation de l'apport au fleuve Saint-Laurent des substances toxiques en provenance des tributaires Québécois.* Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, 133 p.

Environnement Canada (1985). *Inventaire des connaissances sur les sources de pollution dans le fleuve Saint-Laurent, tronçon Cornwall-Sorel,* Environnement Canada, Service de la protection de l'environnement, 67 p.

Environnement Canada (1981). *Les substances toxiques dans le fleuve Saint-Laurent.* Résumé, Service de la protection de l'environnement, Région du Québec, 91 p.

EPA (1980). «Water Quality Criteria Documents Availability», *Federal Register,* Part V, *45* (23) : 79318-79377. *In* MENVIQ, 1990a.

Food Chemical News (1989). «EPA Notes Differences in EPA Criteria, FDA Levels for fish pollutants», *Food Chemical News, 31 :* 17.

Forrest, S. et P.-Y. Caux (1989). *Pesticides in Tributaries of the St. Lawrence River 1987-1988.* Program Report, 139 p.

Fox, M.E., J.H. Carey et B.C. Oliver (1983). «Compartmental Distribution of Organochlorine Contaminants in the Niagara River and the Western Basin of Lake Ontario», *J. Great Lakes Res., 9*(2) : 287-294.

Frank, R., R.L. Thomas, M. Holdrinet, A.L.W. Kemp et H.E. Braun (1979). «Organochlorine Insecticides and PCBs in Surficial Sediments (1968) and Sediment Cores (1976) from Lake Ontario», *J. Great Lakes Res., 5*(1) : 18-27.

Frenette, M., C. Barbeau, J.-L. Verrette (1989). *Aspects quantitatifs, dynamiques et qualitatifs des sédiments du Saint-Laurent*, Hydrotech inc., 185 p.

Gauthier, R. et D. Duval (1986). *Présence des herbicides dans le fleuve Saint-Laurent et ses tributaires.* Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, 30 p.

Germain, A. (1987). *Présence de BPC dans les eaux du fleuve Saint-Laurent (1981-1987)*, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, 18 p.

Germain, A. et M. Janson (1984). *Qualité des eaux du fleuve Saint-Laurent de Cornwall à Québec (1977-1981).* Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, 195 p.

Germain, A. et C. Langlois (1988). «Contamination des eaux et des sédiments en suspension du fleuve Saint-Laurent par les pesticides organochlorés, les biphényles polychlorés et d'autres contaminants organiques prioritaires», *Water Poll. Res. J. Canada, 23*(4) : 602-614.

Germain, A. et Thanh-Thao Pham (1989). *Étude de la variabilité de la qualité de l'eau à la section de jaugeage de Lanoraie.* Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, version préliminaire, 57 p.

GIPASL (1990). Ensemble des fiches d'information sur les 50 industries visées par le Plan d'action Saint-Laurent, Groupe d'intervention du Plan d'action Saint-Laurent.

Great Lakes Water Quality Board (1985). *1985 Report on Great Lakes Water Quality*, Report to the International Joint Commission, Kingston, Ontario, 212 p., *in* Désilet *et al.*, 1988.

Hakanson, L. et M. Janson (1983). *Principles of Lake Sedimentology*, Springer-Verlag, 316 p.

Hardy, B., L. Champoux, H. Sloterdijk et J. Bureau (1990a). *Caractérisation des sédiments de fond du lac Saint-Pierre, fleuve Saint-Laurent.* Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, version préliminaire, 66 p.

Hardy, B., L. Champoux, H. Sloterdijk et J. Bureau (1990b). *Caractérisation des sédiments de fond du petit bassin La Prairie, fleuve Saint-Laurent.* Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, version préliminaire, 66 p.

Harris, C.R. et J.R.W. Miles (1975). «Pesticides Residues in the Great Lakes Region of Canada», *Residue Rev., 57* : 27-79.

Kaiser, K.L.E., K.R. Lum, M.E. Comba et V.S. Palabrica (1990). *Organic Trace Contaminants in St. Lawrence Water and Suspended Sediments, 1985-1987,* NWRI, 22 p. Version préliminaire.

Kuntz, K.W. (1987). *Recent Trends in Water Quality Data of the Niagara River.* Direction générale des eaux intérieures, Région de l'Ontario, Technical Bulletin No. 146.

Landry, B. et M. Mercier (1984). *Notions de géologie avec exemples du Québec.* Deuxième édition, Modulo éditeur.

Lavalin (1989). *Sites aquatiques contaminés du Saint-Laurent : inventaire et priorisation.* Lavalin environnement.

Lavallée, P. (1990). Communication personnelle *in* Asseau, 1990.

Lavallée, P. (1989). *La question des eaux usées en temps de pluie, l'impact sur le milieu récepteur des événements fréquents.* Institut de recherche scientifique - Eau, 196 p. *In* Asseau, 1991.

LGL (1990). *Inventaire des établissements industriels majeurs situés le long du Saint-Laurent et de la rivière Saguenay.* Rapport final, tomes I à VII.

L'Italien, S., R. Roy, C. Langlois et A. Germain (1990). *Impacts sur le Saint-Laurent des rejets de l'émissaire de la Communauté urbaine de Montréal à l'île-aux-Vaches.* Rapport préliminaire.

Lum K.R. et K.L.E. Kaiser (1989). *Organic and Inorganic Contaminants in the St. Lawrence River: Some Preliminary Results on their Distribution.* Présenté en partie à l'AQTE, Montréal, 1987.

Maguire, R.J., A. Germain, R.J. Tkacz et S.I. Forrest (1989). *PCBs and Pesticides in Water at the Mouths of the Yamaska and Saint-François Rivers, Quebec, in 1987.* Institut national de recherche sur les eaux, Contribution #89-150, Burlington, 33 p.

Mathieu P., P. Gentes et J.-P. Gauthier (1979). *L'âge des lacs. Méthode numérique d'évaluation de l'état trophique des lacs.* Ministère des Richesses naturelles, 57 p.

MDNR (1988). *Michigan Critical Material Register.* Support Document and Criteria Document, Department of Natural Resources, Environment Protection Bureau, Environment Services Division, Lansing, Michigan.

MENVIQ (1991). Renseignements fournis par Michel Laurin (Direction de l'assainis sement urbain) à Bernard Leblanc (Asseau) dans une lettre du 24 janvier 1991.

MENVIQ (1990a). *Critères de qualité d'eau douce.* Ministère de l'Environnement du Québec, rapport préliminaire n° EMA88-09, 371 p.

MENVIQ (1990b). *Historique du classement des plages par direction régionale et municipalité, 1987, 1988 et 1989.* Ministère de l'Environnement du Québec, 182 p.

MENVIQ (1987). *Rapport sur l'échantillonnage des effluents de l'usine de pâtes et papiers Matériaux Cascade Inc. Louiseville, (03 au 05 septembre 1986),* Dossier MENVIQ réf.: 1119-2077, 5136-5435-05, Environnement Canada, ref.: 4808-30.

MENVIQ (1985). *Les rivières de la région nord du lac Saint-Pierre : une ressource à protéger.* Ministère de l'Environnement du Québec, 32 p.

MOE (1989). *The Effluent Monitoring Priority Pollutants List (EMPPL) (1988 Update).* Stopping Water Pollution at its Source, MISA (Municipal/ Industrial Strategy for Abatement), ministère de l'Environnement de l'Ontario, Hazardous Contaminants Coordination Branch, 184 p.

MOE (1979). «Evaluating the Impacts of Marine Construction Activities on Water Resources (Addendum 1978)», *in Interim Report of the Dredging Subcommittee of Great Lakes Water Quality Board, International Joint Commission, Windsor, Ontario.* Pp. 51-61.

Ottawa River Committee (1985). *Water Quality in the Ottawa River,* Ottawa River Federal-Provincial Water Quality Coordination Committee, First Annual Report of the Goverments of Canada and the Provinces of Ontario and Québec, Ottawa *in* Désilets *et al.*, 1988.

Persaud, D., R. Jaagumagi et A. Hayton (1990). «Provincial Sediment Quality Guide lines, a Discussion Paper on this Development and Application». Ministère de l'Environnement de l'Ontario (ébauche), 20 p.

Rocheleau, F. (1990). Équipe d'intervention Saint-Laurent, communication person nelle.

Sérodes, J.B. (1978). Qualité des sédiments de fond du fleuve Saint-Laurent entre Cornwall et Montmagny. Environnement Canada, Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent. Rapport technique n° 15, 467 p.

Sloterdijk, H. (1985). *Substances toxiques dans les sédiments du lac Saint-François (fleuve Saint-Laurent, Québec).* 75 p. et annexes.

Sly P.G. (1983). «Sedimentology and Geochemistry of Recent Sediments of the Mouth of the Niagara River, Lake Ontario», *J. Great Lakes. Res., 9*(2) : 134-159.

Sly, P.G., H.L. Golterman et R.L. Thomas (1981). «Importance des sédiments dans l'étude de l'environnement aquatique», *Bulletin de la qualité des eaux, 6*(2): 29-33 et 53-54.

Stevens, R.J.J., M.A.T. Neilson et N.D. Warry (1985). *Water Quality of the Lake Huron-Georgian Bay System.* Direction générale des eaux intérieures, Scientific Series No. 143.

Sylvestre, A. (1987). *Organochlorines and Polyaromatic Hydrocarbons in the St. Lawrence River at Wolfe Island, 1982/84.* Direction générale des eaux intérieures, Région de l'Ontario, Technical Bulletin No. 144, Environnement Canada, 11 p.

Sylvestre, A., K.W. Kuntz et W.D. Warry (1987). *Water Quality at the Inlet to the Saint-Lawrence River, 1977 to 1983*, Direction générale des eaux intérieures et des terres, Région de l'Ontario, Environnement Canada, Technical Bulletin No. 142, 58 p.

Trottier, R. (1990). Équipe d'intervention Saint-Laurent, communication personnelle.

Tsanis, I.K., J. Biberhofer, C.R. Murthy et A. Sylvestre (1989). «Loadings of Selected Chemicals into the St. Lawrence River System from Lake Ontario, 1986/87», *Water Poll. Res. J. Canada, 24*(4) : 589-608.

Wetzel, R.G. (1975). *Limnology.* W.B. Saunders Compagny, Philadelphia, 743 p.